



1218

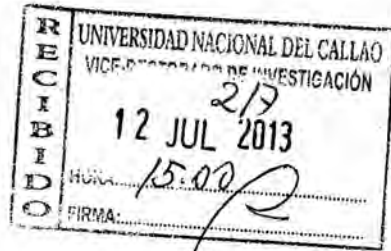
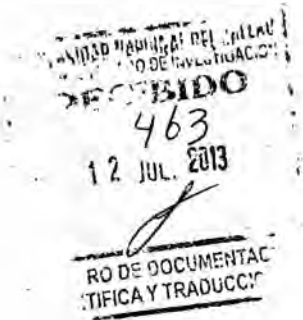
JUL 2013

# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

## VICERRECTORADO DE INVESTIGACION

### FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

#### INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE INGENIERÍA QUÍMICA



## INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

**"MODELADO Y SIMULACIÓN EN LA GESTIÓN DE LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO COMO CADENA DE SUMINISTRO"**

**AUTOR: LIC. ANA MARIA REYNA SEGURA**

**PERIODO DE EJECUCIÓN: 24 MESES**

**(DEL 01 DE AGOSTO DEL 2011 AL 31 DE JULIO DEL 2013)**

**Resolución Rectoral N° 812-2011-R (08-08-2011)**

**CALLAO- PERÚ**

**2013**



*Recibido  
05/07/13  
Hora 09:58 a.m.  
Director IIDIQ  
ZLJ*

# INDICE

ÍNDICE	Pág.
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
I. INTRODUCCIÓN	5
1.1 Presentación del Problema de Investigación	7
1.1.1. Descripción y Análisis del Tema	7
1.1.2. Planteamiento del Problema	7
1.2 Enunciado del Problema de Investigación	8
1.3 Objetivos y Alcances de la Investigación	8
1.3.1. Alcance de la Investigación	9
1.4 Importancia y Justificación de la Investigación	9
1.4.1. Aporte de la Investigación	10
1.4.2. Valor de la Investigación	10
1.5 Enunciado de la Hipótesis	10
II. MARCO TEÓRICO	11
2.1 Introducción	11
2.2 Definición de Cadena de Suministro	12
2.2.1. Gestión de la Cadena de Suministro	16
2.2.1.1. Definición e Introducción a la GCS	16
2.2.1.2. Fases en la integración de la Cadena de Suministro	17
2.2.2. Tecnologías de la Información y Comunicación en el Contexto de la Cadena de Suministro	18
2.2.2.1. La Introducción de las TIC	18
2.2.3. Miembros en la Cadena de Suministro	19
2.2.3.1. Miembros Externos hacia arriba la Cadena de Suministros	19
2.2.3.2. Miembros Externos hacia abajo en la Cadena de Suministros	20
2.3 Sistemas, Modelos y Simulación	21
2.3.1. Sistemas	21
2.3.2. Modelo de Simulación Discreta	23
2.3.3. Aplicaciones en Laboratorios de Modelos de Simulación Discreta	26
2.3.4. Modelo de Simulación de Procesos Continuos	27
2.3.5. La Cadena de Suministros y la Dinámica de	43

	Sistemas	
	2.3.6. Formulación del Modelo Matemático	51
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	53
	3.1 Materiales	53
	3.2 Métodos	53
	3.2.1. Primera Etapa	54
	3.2.1.1. La Universidad Nacional del Callao	54
	3.2.1.2. Necesidades y Requerimientos para la Cadena de Suministros	68
	3.2.2. Segunda Fase	69
	3.2.2.1. Pasos para la Modelación	69
	3.2.2.1.1. Cuestionario	71
	3.2.2.1.2. Resultados del Cuestionario	73
	3.2.2.1.3. Diagrama Causal	74
	DIAGRAMA DE FLUJO	
	• Proceso de Abastecimiento de los Laboratorios	76
	• Proceso de cálculo de la compra de los Recursos dentro de la Facultad	77
	• Proceso de la compra de los Recursos fuera de la Facultad	78
	• Proceso del Cálculo del consumo de los Recursos dentro de la Facultad	79
	• Nivel de Inventarios de los Reactivos en los Laboratorios de la Facultad.	80
	3.2.2.1.1. Software de Simulación Arena	81
	3.2.2.1.1. Introducción	81
	3.2.2.1.2. Modelos de Arena	85
	3.2.2.1.2.1. Procesos	85
	3.2.2.1.2.2. Datos	87
	3.2.2.1.2.3. Animación	88
	3.2.2.1.3. Ejecución de una Simulación	89
	3.2.2.1.4. Análisis de entradas con Arena	95
	3.2.2.1.5. Búsqueda de un escenario óptimo	97
	3.2.3 Desarrollo del modelo con el software arena	99
IV.	RESULTADOS	103
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	109
	5.1 Conclusiones	111
	5.2 Recomendaciones	113
VI.	REFERENCIALES	115
VII.	APENDICE	121
	A1 Resultados de la corrida con Arena	121
	A2 Resultados de cuestionarios	125

## **RESUMEN**

En el presente trabajo de investigación se hace un modelo de simulación en la gestión de la cadena de suministro de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional Callao.

Para la modelación de la cadena se utiliza información escrita en artículos científicos y en revistas; entrevistas con los principales miembros de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química. Con la información obtenida se hace un modelo de la cadena de suministro, con dinámica de sistemas, y con la utilización del software ARENA como herramienta de simulación.

La cadena de abastecimiento de los laboratorios comienza en la adquisición de materias primas y termina en los laboratorios de la Facultad Ingeniería Química para la atención de los alumnos. El modelo se compone de los siguientes eslabones: abastecimiento de las materias primas, laboratorio, centro de distribución y la demanda de productos.

De los resultados obtenidos, se logra una de las aportaciones más importantes de este trabajo: Contribuir a reducir la incertidumbre en la toma de decisiones del administrador de la cadena, es decir en la gestión, por la rapidez con que puede analizar cuál combinación de políticas operacionales es la mejor, antes de ponerla en práctica.

### **PALABRAS CLAVES**

Cadena de Suministro, Gestión, Dinámica de sistemas, Modelación.

## **ABSTRACT**

In the present research is a simulation model in the management of the supply chain of the laboratories of the Faculty of Chemical Engineering, National University Callao.

To model the chain uses written information in scientific papers and in magazines, interviews with key members of the laboratories of the School of Chemical Engineering. With the information obtained is a model of the supply chain system dynamics, and the use of software such as ARENA simulation tool.

The supply chain starts laboratories in the acquisition of raw materials and ends in the laboratories of the Chemical Engineering Faculty to the attention of the students. The model is composed of the following links: supply of raw materials, laboratory, distribution center and product demand.

From the results, achieved one of the most important contributions of this work: Helping to reduce the uncertainty in the decision-making chain manager, ie the management by the speed with which you can analyze what policy mix operational is the best, before putting it into practice.

### **KEYWORDS**

Supply Chain Management, System Dynamics, Modeling.

## **I. INTRODUCCIÓN**

La realización de este trabajo de investigación surge de la necesidad de la adecuada Gestión de la Cadena de Suministro erigida progresivamente en una de las claves de la estrategia competitiva de las empresas. La Universidad Nacional del Callao siendo una empresa dedicada a la investigación y enseñanza está inmersa en esta globalización y está obligada a usar sistemas de gestión para asegurar un resultado positivo en la enseñanza e investigación dentro de sus laboratorios como en sus aulas.

La presente investigación tiene por objeto, modelar y simular la cadena de suministro en la gestión de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao.

Fruto del desarrollo de este trabajo, se expondrá por orden cronológico la línea de actuación seguida para la ejecución de la misma. Se desarrolla marco conceptual, que se observa en el segundo capítulo y se basa en la revisión de la literatura disponible sobre dinámica de sistemas aplicada a la administración de la cadena de suministro para aplicarla a la gestión de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química.

En el capítulo tres se presentan los pasos para la realización de la modelación; así como los aspectos más importantes a tener en cuenta para la realización del modelo de cadena de suministro representado en los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao.

En el capítulo cuarto se explica la modelación hecha en dinámica de sistemas de la empresa con sus diferentes variables, se presenta interface y la forma de navegar en el modelo. Al final se presentan las conclusiones del trabajo y algunas ideas para trabajos futuros. Finalmente se presentan la bibliografía y los anexos.

El modelo de gestión que se desarrollado es un cambio de paradigma en la forma de administrar los recursos en una institución de servicios como la universidad.

El tema del trabajo de investigación significará un valioso aporte para la gestión de la facultad Ingeniería Química, y en especial a la Universidad Nacional del Callao.

## **1.1. PRESENTACION DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1.1 Descripción y Análisis del Tema**

Las nuevas tecnologías de información y las políticas de gestión, unida a los efectos de la globalización obligan a la industria a encontrar nuevas vías para interactuar y satisfacer a los clientes. La Universidad Nacional del Callao siendo una empresa dedicada a la investigación y enseñanza está inmersa en esta globalización y está obligada a usar sistemas de gestión para asegurar un resultado positivo en la enseñanza e investigación dentro de sus laboratorios como en sus aulas.

### **1.1.2 Planteamiento del problema**

Con el proceso de autoevaluación para los fines de acreditación la Universidad nacional del Callao y en particular la facultad de Ingeniería Química está prestando atención a las competencias profesionales que deben adquirir los ingresados a la carrera de ingeniería química para así satisfacer las demandas de las empresas del sector químico y afines, en las que estos profesionales tendrán su principal destino laboral. Por ello con las nuevas metodologías docentes y los retos a los que se enfrenta la Ingeniería Química (en aspectos como coordinación docencia-investigación, transferencia de



tecnología a la empresa o internacionalización) debe constituirse la facultad en una entidad de primer orden y para ello es necesario una buena gestión no solo en el nivel administrativo sino en el nivel enseñanza-aprendizaje y uno de sus instrumentos son los laboratorios los que deben contar con los insumos necesarios y en el momento oportuno para su enseñanza en el semestre académico

## **1.2. ENUNCIADO DEL PROBLEMA**

¿La cantidad de recursos disponibles durante el semestre académico en los laboratorios de la facultad de ingeniería química no satisface la demanda?

## **1.3. OBJETIVOS Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **A OBJETIVO GENERAL**

Modelar y simular de la cadena de suministro en la gestión de los laboratorios de la facultad de ingeniería química de la Universidad Nacional del Callao.

### **B OBJETIVO ESPECÍFICOS**

a. Presentar el modelado de la cadena de suministro en la gestión de los laboratorios de la facultad de ingeniería química.

b. Presentar la simulación de la cadena de suministro en la gestión de los laboratorios de la facultad de ingeniería química.

### **1.3.1 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente trabajo de investigación con sus resultados, será de gran utilidad para la gestión no solo en los laboratorios sino para la Facultad de Ingeniería Química la cual si es óptima se puede aplicar en la gestión de otras facultades de la Universidad Nacional del Callao.

Esta investigación está dirigida a todos los docentes ordinarios de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao.

El presente trabajo está enmarcado dentro de la investigación básica, y el estudio es de tipo correlacional descriptivo explicativo.

### **1.4. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El avance de la ciencia y la tecnología en los últimos años en nuestro país y en especial en el área de la gestión y administración de recursos hacen indispensable el uso de métodos científicos para la solución de diversos problemas que se presentan en nuestra sociedad.

#### **1.4.1 Aporte de la Investigación**

El modelo de gestión que se propone desarrollar es un cambio de paradigma en la forma de administrar los recursos en una institución d servicios como la universidad.

#### **1.4.2 Valor de la Investigación**

El tema que se desarrollará como tema de Investigación, significará un valioso aporte para la gestión de la facultad Ingeniería Química, y en especial a la Universidad Nacional del Callao.

### **1.5 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS**

La cantidad de recursos en inventario puede optimizarse cambiando el modelo de gestión.

Variables:

Variable independiente = modelo de gestión

Variable dependiente = cantidad de recursos en inventario.

## II. MARCO TEORICO

### 2.1 Introducción.

La Gestión de la Cadena de Suministro incluye la coordinación y gestión de todas las actividades, desde el aprovisionamiento de materias primas, hasta la entrega final del producto a los consumidores, bajo el empleo eficiente de tecnologías de la información. El objetivo de la Gestión de la Cadena de Suministro es optimizar globalmente los flujos de materiales e información en la Cadena de Suministro, mediante la integración horizontal entre las compañías dentro de la Cadena de Suministro y la integración vertical de los procesos existentes de cada compañía (Cooper et al., 1997).

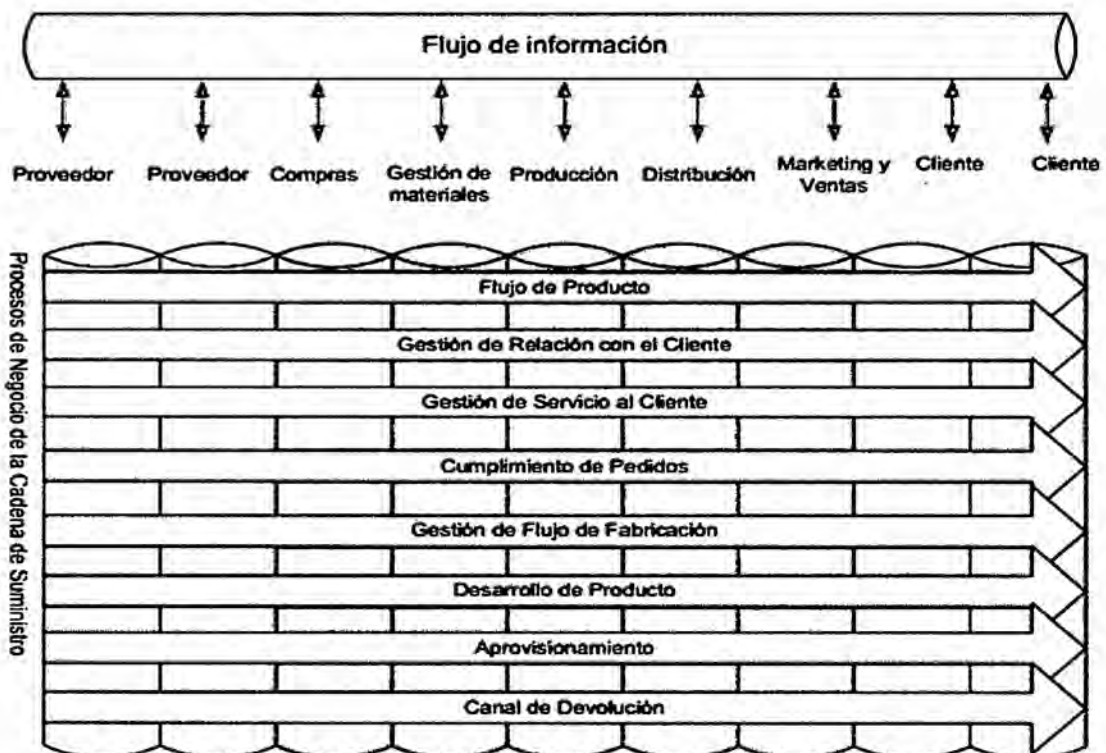


Figura 2.1. Modelo de Referencia para la Gestión de la CS (Cooper et al, 1997).

Para alcanzar el objetivo de la Cadena de Suministro, los gestores que operan dentro de la cadena necesitan tomar decisiones estratégicas para la selección de proveedores, compra de equipamiento, evaluación del rendimiento de los proveedores, relación de larga duración entre los compradores y los proveedores, distribución efectiva, etc. Estas decisiones son usualmente ambiguas, e incluyen factores tangibles e intangibles bajo complicados criterios con independencia de las relaciones, así como, presentan problemas carentes de estructuración o definición, con las vicisitudes que reporta en la toma de decisiones.

## **2.2 Definición de Cadena de Suministro**

El propósito primordial de éste apartado, es situar un foco de atención en la Cadena de Suministro y su gestión, analizando sus características básicas y planteando herramientas útiles para su gestión eficiente.

Resulta pertinente visualizar que la integración de procesos, la confianza al intercambiar información vital para el funcionamiento eficiente de estos procesos, aunado al apoyo concedido por el recurso humano y tecnológico, otorgarán a las organizaciones involucradas beneficios globales (Swaminathan y Tayur, 2003).

Algunos elementos que caracterizan este enfoque de gestión se enumeran a continuación:

- Integración de procesos tanto de proveedores, fabricantes, mayoristas, distribuidores, y detallistas; como un todo económico global.
- Fluidez de la información en línea a través de toda la cadena, sin temor o desconfianza para compartirla a fin de agilizar y ahorrar costes en las diferentes operaciones empresariales.

Para compartir la información adecuadamente, resulta necesaria la implementación de sistemas de información homogéneos en todos los niveles o eslabones de la cadena involucrados. Entendiéndose como nivel o eslabón toda aquella organización que comparte un mismo sistema de abastecimiento, fabricación, ventas al por mayor, distribución y venta final del producto. Con las pautas anteriores, la internacionalización de la Cadena de Suministro es factible ya que el negocio estaría sincronizado, con la capacidad de responder oportunamente a las exigencias cada vez más cambiantes del mercado.

Se define Cadena de Suministro como una red de instalaciones y medios de distribución que tiene por función la obtención de materiales, transformación de dichos materiales en productos intermedios y productos terminados y distribución de estos productos terminados a los consumidores.

Examinando de forma detallada una Cadena de Suministro, se puede apreciar que habitualmente de forma básica, se conforman con la integración de dos procesos principales (Beamon 1998):

- **Proceso de Planificación de la Producción y Control de Inventarios:**

Describe el diseño y administración del proceso global de fabricación, incluyendo la programación y adquisición de materia prima, diseño y gestión del proceso de fabricación, y diseño y control de la gestión de materiales.

- **Proceso de Distribución Logística:** Determina cómo los productos son embarcados y transportados desde los almacenes hasta los minoristas. Dichos productos podrían ser transportados hacia los minoristas directamente, o primero podrían ser trasladados hacia los canales de distribución, los cuales, a su debido tiempo, envían los productos hacia los minoristas. Estos procesos incluyen la gestión de entrega de inventarios, transporte, y entrega final del producto.

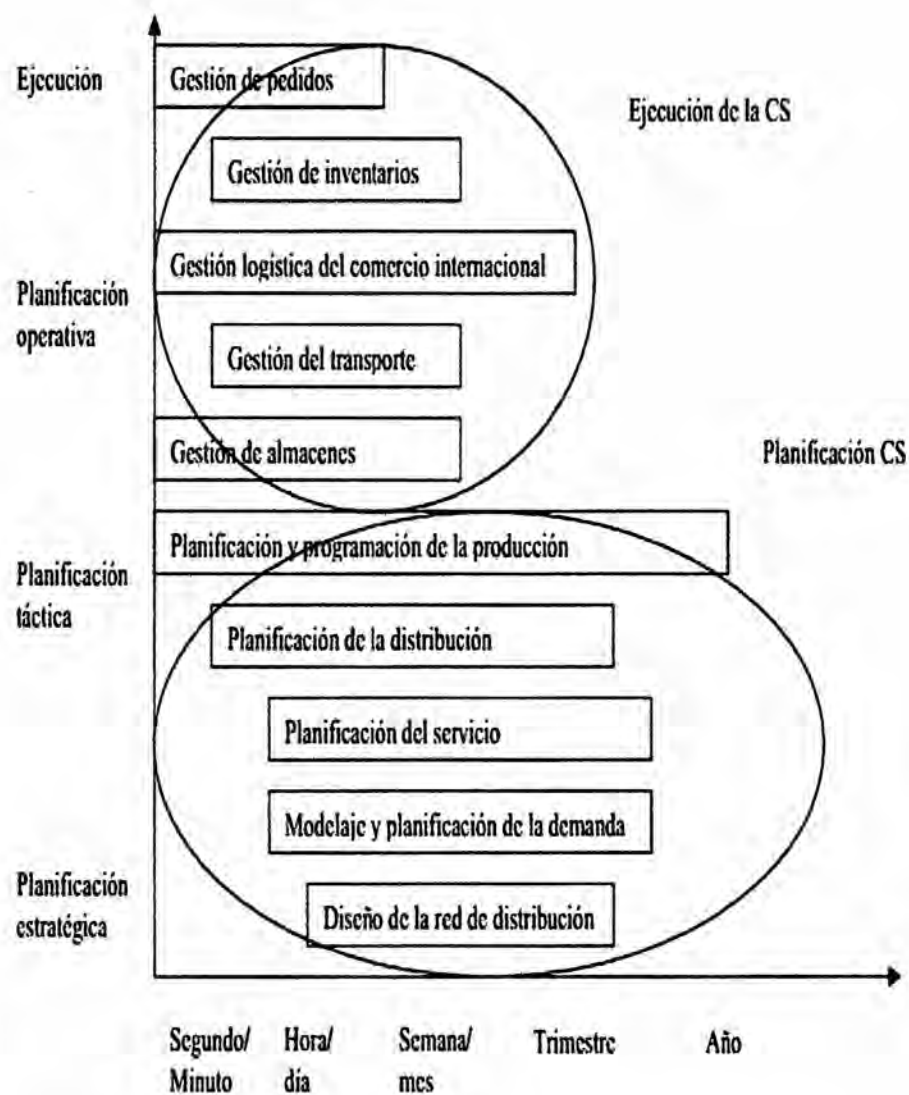


Figura 2.2. Horizonte temporal de la CS (Faustino Alarcón, 2005)

Estos procesos básicos interactúan unos con otros a fin de generar una Cadena de Suministro integrada. El diseño y la gestión de esos procesos determinan la extensión para la cual la Cadena de Suministro trabaja como una unidad que reúne requerimientos de funcionamiento comunes.

Examinando detalladamente los elementos principales que conforman una Cadena de Suministro, se puede razonar que de este enfoque



derivan elementos interesantes de ser analizados. Por una parte se encuentran los procesos de transformación, abastecimiento, y almacenamiento tanto de materias primas como de productos terminados; y por el otro lado tenemos los procesos de distribución, y entrega final del producto.

## **2.2.1. Gestión de la Cadena de Suministro**

### **2.2.1.1 Definición e introducción a la GCS**

Se empieza a hablar de la Gestión de la Cadena de Suministro necesaria para la convergencia activa de competencias y habilidades de los recursos humanos de sus empresas, así como los procesos de definición, mejora y continua reinención de los equipos de procesos del canal, en la búsqueda de formas innovadoras para obtener ventajas competitivas.

En muchos casos, de varias iniciativas de Gestión de la Cadena de Suministro brotaron algunos elementos conceptuales diseñados con el fin de vincular la estrategia de la cadena con la estrategia total de la empresa. Algunos de los primeros movimientos fueron el concepto de quick response (respuesta rápida) o el efficient consumer response (respuesta eficiente al consumidor).

Estos conceptos surgieron como necesidad para hacer frente a la situación de entonces y de cara a mejorar y combatir las deficiencias existentes de las empresas convencionales. Se focalizaba la competitividad en ofrecer buenos precios y calidad, pero se obviaba en muchos casos la flexibilidad, los tiempos de entrega y la internacionalización tan recurrida actualmente. El problema subyacente a los cambios radican en la confianza en estructuras industriales fijas, barreras funcionales que impiden el proceso de la innovación, dependencia en exceso de la integración vertical y horizontal, necesidad de integrarse en economías de escala y la fijación de un único punto de contacto lo cual entorpece el servicio al cliente.

#### **2.2.1.2 Fases en la integración de la Cadena de Suministro**

La primera de las etapas en la integración de la Cadena de Suministro es la etapa de integración. En esta etapa las compañías crean una visión integrada de su propia CS mediante la conexión de diferentes ERP y sistemas front-end en un conjunto global de datos. Este conjunto de datos alimenta sistemas avanzados de planificación que permiten a la compañía responder rápidamente a los cambios de demanda o de previsión.

En la segunda etapa, etapa de extensión, las compañías usan tecnologías Internet para comenzar a trabajar de forma conjunta, con acuerdos de colaboración para compartir información con proveedores en

tiempo real. Para aprovecharlo las compañías necesitarán aprovechar las oportunidades proporcionadas por Internet e implementar cambios en los procesos, organización y cultura.

En la etapa de explotación, tercera de las etapas, las compañías utilizan sus relaciones para llegar a ser más ágiles, desarrollando estándares de tecnología que reduzcan tanto los costes de compartir información como el coste de cambiar de socio de negocio.

## **2.2.2 Tecnologías de la información y comunicación en el contexto de la Cadena de Suministro**

### **2.2.2.1 La introducción de las TIC**

“El objetivo principal de un futuro modelo de negocio de GCS es tener on-line una integración en tiempo real de todas las actividades principales” Esta es la función de las Tecnologías de la Información en la Gestión de la Cadena de Suministro (Ortiz A, 2003).

La transformación de las relaciones entre empresas a través de los nuevos mercados electrónicos (e-business, business to business, business to customer, eCRM,etc) en el contexto de la Cadena de Suministro, a través de Internet, ofrece oportunidades de conectividad cada vez mayores. Desde la website con la presencia, ecommerce permite la compra-venta, el e-business la mejora del negocio, y los emarkets el compartir información entre compradores y vendedores.

El principal obstáculo para lograr la transparencia de la información en la Cadena de Suministros no es la falta de despliegue de infraestructura, sino una cultura empresarial que desatiende este aspecto. La capacidad de las organizaciones de la Cadena de Suministro para integrar y conectar la información se consigue a través de las arquitecturas tecnológicas.

## **2.2.3 Miembros en La Cadena De Suministros**

### **2.2.3.1 Miembros Externos Hacia Arriba La Cadena De Suministros**

Para manejar el flujo de materiales entre todas las organizaciones hacia arriba de la cadena, las empresas emplean una serie de gerentes que aseguran que los materiales adecuados lleguen a los locales correctos, y en el momento correcto.

- **Gerente de Compra:**
  - Selección de proveedores adecuados
  - Se cumplan las expectativas de desempeño
  - Se empleen mecanismos adecuados
  - Mantener una buena relación con estos proveedores
  - Llevar mejoras a la base de suministro
  - Actuar como vínculo entre proveedores y otros miembros internos.

- Gerente de Materiales:

Planificar, pronosticar y programar los flujos de materiales entre proveedores de la cadena

Trabajar en estrecha relación con los programadores de la producción para asegurar que los proveedores puedan entregar los materiales en los locales requeridos.

### **2.2.3.2 Miembros Externos Hacia Abajo En La Cadena De Suministros**

- Compuesta por todos los canales de distribución, procesos y funciones hacia abajo en la cadena por donde pasa el producto en su camino al consumidor final.
- Gerente de Logística:
  - a. Movimiento real de materiales entre localizaciones
  - b. Manejo del transporte, que involucra la selección y manejo de transportistas.
  - c. Gerente de Distribución:
  - d. Envasado, almacenaje y manipuleo en los muelles de recepción, almacenes y tiendas
- Una tendencia; a la recuperación, reciclaje o reusó de los productos desde el usuario final hasta que han alcanzado el fin de su vida útil.

- Las organizaciones están extendiendo sus canales de distribución más allá del usuario final para incluir la aceptación y “desensamblaje” de los productos finales para reusarlos en productos nuevos.
- Se busca “cerrar el círculo” y eventualmente transformar los productos usados en productos y/o materiales que se puedan regresar a la tierra sin dañar el medio ambiente.
- Trabajos de reparación para manejar problemas de garantía y calidad.
- Trabajo activo para mejorar las funciones de “logística de regreso” para manejar el flujo de productos y servicios que va de regreso a lo largo de la cadena de suministro.

## **2.3 Sistemas, Modelos y Simulación**

### **2.3.1 Sistemas**

En primer lugar, es necesario, a manera de orientación, señalar el enfoque administrativo que permite explicar el subsistema de producción y operaciones considerando que las empresas utilizadas para simular políticas operacionales son las más abundantes en cualquier conglomerado industrial de una región o país.

Existen básicamente, tres escuelas o enfoques administrativos: Clásico, Comportamiento y Modelización. Esta última corriente utiliza

la teoría de decisiones, la teoría de sistemas y la construcción de **modelos matemáticos** de sistemas y procesos. Trata de explicar las organizaciones desde el punto de vista sistémico total. Según este enfoque, la identificación de relaciones entre los subsistemas, la predicción de efectos por cambios en el sistema, y la implantación adecuada del cambio en el sistema, forman parte de la administración de toda la organización Ackoff (2004).

Sistema significa ver la totalidad en vez de las partes, ver las relaciones como un todo. Desafortunadamente muchos análisis actuales sobre situaciones problemas muestran incapacidades para ver la totalidad. En este sentido Senge, (1992) señala:

El pensamiento sistémico es una disciplina para ver totalidades. Es un marco para ver interrelaciones en vez de cosas, para ver patrones de cambios en vez de "instantáneas" estáticas. Es un conjunto de principios generales destilados a lo largo del siglo veinte, y abarca campos tan diversos como las ciencias, física y sociales, la ingeniería y la administración de empresas. También es un conjunto de herramientas y técnicas especiales que se originan en dos ramificaciones: el concepto de "retroalimentación" de la cibernética y la teoría de los

“servo mecanismos”, procedente de la ingeniería, que se remonta al siglo diecinueve. (Pág. 91)

Por otro lado, Ackoff (2004) señala que un sistema es un conjunto de elementos interrelacionados. Por tanto, un sistema es una entidad que se compone de al menos dos elementos y una relación que es válida entre cada uno de los elementos y al menos otro de los elementos del conjunto. Y señala que existen 4 tipos básicos de sistemas y modelos: Deterministas, Animados, Sociales y Ecológicos

### **2.3.2 Modelo de Simulación Discreta**

La simulación de eventos discretos, es una herramienta de análisis que se difunde rápidamente en el ambiente empresarial, comprobando su utilidad para apoyar la toma de decisiones relacionadas con la planeación de la producción y los inventarios, y con el diseño de los sistemas de producción y sus cadenas de suministro, Guasch, Piera, y Figueras (2003).

El concepto de sistema de evento discreto tiene por finalidad identificar a sistemas en los que los eventos que cambian el estado del mismo ocurren en instantes espaciados en el tiempo, a diferencia de los sistemas cuyo estado puede cambiar



continuamente en el tiempo (como la posición de un vehículo en movimiento). Aunque aparentemente simples, los sistemas de eventos discretos, pueden modelar muchos de los fenómenos que enfrentan los responsables de la administración de los procesos productivos en una empresa. Por ejemplo, los inventarios de cualquier producto sólo se alteran ante la ocurrencia de alguno de dos eventos:

- (1) ingreso de un lote de abastecimiento, o
- (2) retiro de cierta cantidad del producto para satisfacer el pedido de un cliente, de la misma manera como el dinero disponible en cualquier cuenta bancaria sólo puede cambiar a consecuencia de un depósito, o a consecuencia de un retiro Rico (1992).

Los primeros intentos para simular sistemas de eventos discretos, datan de la década de los años 60, donde se desarrollan las primeras simulaciones en ordenador para planear proyectos de gran envergadura, aunque a un costo alto y utilizando lenguajes de propósito general (a menudo FORTRAN). Las primeras herramientas para facilitar el uso de la simulación de evento discreto aparecen en la forma de lenguajes de simulación en la década de los años 70, aunque la programación en estos lenguajes se realiza todavía por medio de comandos escritos en un archivo. Lenguajes como GPSS, SIMSCRIPT, SLAM y SIMAN tienen una amplia difusión en los años 80, paralela a una

gran producción científica relacionada con las posibles aplicaciones de la simulación de evento discreto, y el desarrollo de métodos para el análisis de experimentos por simulación, para generar por ordenador la ocurrencia de eventos siguiendo patrones probabilísticos, y para permitir que el motor del lenguaje pueda modelar una gama amplia de aplicaciones.

En la década de los 90, la difusión de los ordenadores personales, y la aparición de paquetes de simulación que se programan en ambientes gráficos, y con capacidades de animación, permite que la simulación se difunda ampliamente como herramienta para el diseño y análisis en diversos sectores tanto de la industria de manufacturas como de servicios (por ejemplo, telecomunicaciones, salud, transporte y cadenas de restaurantes).

Actualmente se pueden distinguir en el mercado dos tipos de paquetes para simulación de evento discreto: los de propósito general y los orientados hacia alguna aplicación o sector industrial específico. Entre los paquetes más conocidos de propósito general, se pueden mencionar a Arena, Simul8, GPSS/H, AweSim, y MODSIM III, mientras que entre los paquetes con orientación hacia alguna aplicación se puede mencionar a AutoMod, ProModel, SIMFACTORY II.5, QUEST y Arena Packaging Edition para manufactura, COMNET III y OPNET Modeler para redes de

comunicaciones, SIMPROCESS, ProcessModel, ServiceModel y Arena Business Edition para analizar flujos en procesos de negocios, y MedModel para servicios del cuidado de la salud. Los paquetes mencionados permiten la programación en un ambiente gráfico por medio de módulos, y pueden incorporar animación a sus modelos, lo que además de facilitar la programación del modelo de simulación, se constituye en una herramienta valiosa para la verificación y demostración de las *capacidades del modelo*.

### **2.3.3 Aplicaciones en Laboratorios de Modelos de Simulación Discreta.**

Los laboratorios como las manufacturas ha sido tradicionalmente una de las áreas de aplicación más importantes de la simulación de eventos discretos. Tanto es así que la mayoría de paquetes de simulación de propósito general incluyen módulos que permiten modelar fácilmente recursos y características de los sistemas de manufactura; por ejemplo, los módulos que se utilizan para modelar el desempeño de recursos de mano de obra y equipo, a menudo tienen capacidad para modelar indisponibilidad de los recursos, así como fallas y bloqueos que pudieran ocurrir durante el proceso de manufactura, Guasch et al. (2003).

Las principales aplicaciones de la simulación de evento discreto en manufactura se relacionan tanto con el diseño y disposición de las instalaciones como con la planificación y el control de las actividades productivas. Las aplicaciones relacionadas con el diseño y disposición de las instalaciones incluyen la evaluación de decisiones sobre el número, tipo y disposición de máquinas y equipo, la localización y tamaño de los diferentes espacios para el material en proceso, y los requerimientos de transporte y equipo de apoyo, entre otras. En cuanto a las aplicaciones relacionadas con la planificación y el control de la producción, se puede mencionar la comparación de diferentes políticas para la programación y secuenciación de las órdenes de producción, para la administración de inventarios o para la asignación de recursos.

#### **2.3.4 Modelos de Simulación de Procesos Continuos**

El análisis de sistemas ayuda a resolver situaciones complejas, ubicando los puntos de apalancamiento más convenientes. Para ellos es necesario ver el total en vez de las partes. En vez de ver los elementos de una organización en forma aislada conviene verlos como elementos parciales de la realidad industrial. Es obvio que esta realidad industrial es mucho más compleja que alguna

individualidad en particular. Sin embargo, es útil conocer que hay dos tipos de complejidades: una relativa a los detalles y otra relativa a la dinámica. Esta última está presente en situaciones donde la causa y el efecto son sutiles, y donde el efecto de la intervención a través del tiempo no es obvia. Por ejemplo, las técnicas de pronósticos, planificación o algún método analítico convencional no están equipadas para afrontar la complejidad dinámica. Un conjunto complejo de industrias para ensamblar un equipo, o el inventario de una fábrica supone complejidad dinámica.

Cuando la misma acción tiene efectos distintos a corto y a largo plazo, hay complejidad dinámica. Cuando la misma acción tiene consecuencia en un punto y otras consecuencias en otra parte del sistema hay complejidad dinámica. Los modelos gerenciales adaptados para guiar a la dirección sobre decisiones oportunas y pertinentes que tienen efectos en el corto, medio y largo plazo tienen complejidad dinámica, Sterman (2000).

La ubicación de los puntos de apalancamiento más consistentes en muchas situaciones industriales obliga a comprender la complejidad dinámica, no la complejidad de los detalles. El equilibrio entre un modelo gerencial y el clima organizacional a la calidad de los productos son problemas con características

dinámicas. Mejorar continuamente la calidad, reducir costos y satisfacciones de las necesidades y deseos del cliente, es un problema dinámico.

El concepto de dinámica de sistemas se orienta a ver la organización como un todo y las interacciones de las partes relacionadas Aracil y Gordillo (1997). Y el pensamiento sistémico según Sterman (2000), es una disciplina para ver las estructuras que subyacen en las situaciones complejas, y para discernir cambios de alto y bajo apalancamiento. Para ubicar puntos de alto apalancamiento hay que comprender la complejidad dinámica, que normalmente está presente cuando la misma acción tiene efectos distintos a corto y a largo plazo o cuando una acción tiene un conjunto de consecuencias locales y otro conjunto de consecuencias distintas en otra parte del sistema, según Senge (1992).

Una de las herramientas básicas en análisis de sistemas es el concepto de retroalimentación, donde el control procura mantener el funcionamiento del sistema en consideración al medio.

Un modelo es cualquier representación simplificada de la realidad. La modelación informática no necesariamente significa producir estructuras impenetrables. No puede alimentarse un modelo con todo lo que se sabe. Sólo debe introducirse lo que es relevante para

el objetivo. El arte de los modelos de este tipo como el arte de la poesía, de la arquitectura o del diseño de la ingeniería es incluir sólo lo necesario para lograr el objetivo, y nada más. Por lo tanto para comprender un modelo y juzgar su validez se necesita comprender su objetivo.

Otra herramienta importante es la causalidad: Círculos de causa-efecto que reflejan el comportamiento del sistema representando en un modelo dinámico.

Un lazo genérico reforzador de causa efecto se representa en la figura 2.3:

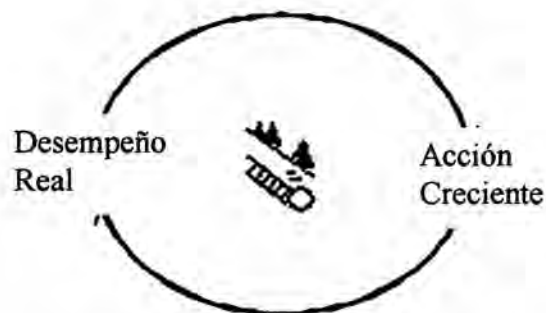


Figura 2.3. Círculo Causal Reforzador Randers (1992).

Este ciclo genera crecimiento y colapso y continúa a un ritmo cada vez más acelerado. Los procesos reforzadores están presentes en situaciones donde las cosas crecen, siguiendo un patrón que las matemáticas denominan crecimientos exponenciales. Muchas actividades humanas, industriales o biológicas pueden aproximarse

mediante las curvas de crecimiento exponencial. El crecimiento exponencial se produce bien sea porque una entidad que crece se reproduce a sí misma desde sí misma o porque una entidad que crece es empujada por algo que se reproduce a sí mismo desde sí misma, Meadows, y Randers (1992).

En los sistemas reforzadores un cambio pequeño se alimenta de sí mismo. Todo movimiento es amplificado, produciendo más movimiento en la misma dirección. Un sistema compensador, busca un equilibrio hacia la meta. El autocontrol procura mantener esta meta.

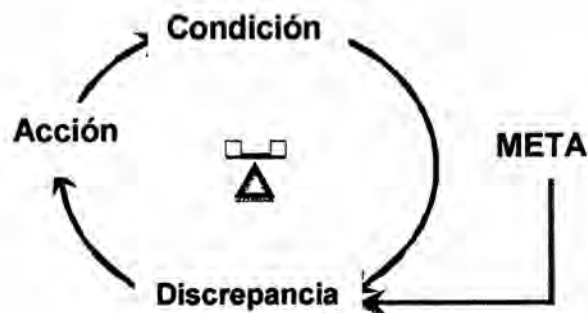


Figura 2.4. Ciclo Causal Compensador- Randers (1992).

La figura 2.4, muestra un ciclo compensador que generan fuerzas de resistencia a los ciclos reforzadores con el objeto de conservar la estabilidad y corregir equilibrios.



En muchas ocasiones estos círculos compensadores actúan de manera demorada, como se señala en la figura 2.4. También las demoras están presentes en los círculos reforzadores. Este elemento hay que tenerlo presente en el momento de diseñar estructuras recurrentes. Su presencia es generalizada en muchos sistemas humanos.

Las demoras pueden ejercer enorme influencia en el sistema, acentuando la repercusión de otras fuerzas. Esto sucede porque las demoras son sutiles: a menudo se dan por sentadas, a menudo se ignoran por completo, pero siempre se subestiman. En los ciclos reforzadores las demoras erosionan la confianza porque el crecimiento no llega con la rapidez esperada. En los ciclos compensadores las demoras pueden cambiar drásticamente la conducta del sistema. Cuando se tienen demoras, se tiende a actuar sobre el sistema con impaciencia habitualmente redoblando el esfuerzo para obtener lo que desea. Esto provoca oscilaciones innecesariamente violentas. Uno de los propósitos de dibujar diagramas de sistemas es no pasar por alto ninguna demora. Además, las demoras causan desperdicio. La eliminación de las demoras es un método clave para acelerar el tiempo de ciclo.

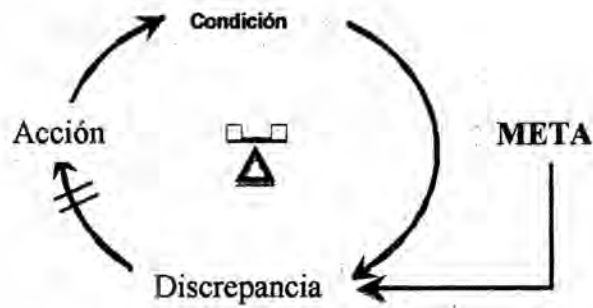


Figura 2.5 Círculo causal compensador con demora. Randers (1992).

Estas estructuras teóricas son partes de estructuras mayores que algunos pensadores sistemáticos denominan arquetipos sistémicos o estructuras genéricas, dos de ellos se mencionan posteriormente, y la contribución de estas estructuras al desarrollo de problemas tiene un valor considerable para la gerencia moderna, porque permite ver todo sin olvidar las partes. Se mejora la percepción y en consecuencia se observa mejor los puntos que requieren más actuación para lograr cambios importantes.

Otro concepto importante en la formulación y construcción de un modelo cerrado. Está planteado por el principio de que el comportamiento de un sistema no es influenciado por un agente externo proveniente de un hecho fortuito sino precisamente por la forma en que la retroalimentación del sistema asimila a ese evento fortuito, según Checkland y Acholes (1994). En este punto, será necesario que el análisis tradicional de sistemas, planteados por los estudios de la teoría general de los sistemas de Bertalanffy (1968), sufra reorientaciones en alguno de sus puntos de vista, cambiando

por ejemplo el concepto de eventos fortuitos por el de retroalimentación.

Este concepto implica que el comportamiento del sistema obedece a los ciclos de predicción, en vez de que son los eventos fortuitos como un hecho aislado la causa del comportamiento del sistema. Esta nueva explicación del concepto, viene junto con los conceptos de análisis discreto y análisis continuo. Donde el análisis discreto se basa en los eventos aleatorios externos al sistema, pero influyentes en el cómo datos de entrada (simulación discreta), y el análisis continuo, está sustentado por los bucles de retroalimentación.

Esta nueva orientación también estaría dada por el concepto discreto (simulación discreta), de alcanzar en el sistema un equilibrio estático en el proceso del análisis de un sistema, contrapuesto al punto de vista del equilibrio dinámico (dinámica de sistemas). Remarcando que el concepto de la causalidad no implica una relación lineal, sino circular, se dice por ejemplo: un cliente satisfecho hace comentarios positivos y causa más venta (causalidad considerada en una sola dirección). Pero es tan válida como decir que más venta, hacen más clientes satisfechos y causa más comentarios positivos (Ver figura 2.5).

Estas estructuras técnicas son soporte de representación y análisis de sistemas físicos. La retroalimentación ayuda a reconocer tipos de estructuras recurrentes o patrones de cambios. Los círculos causales permiten enfrentar problemas dinámicos complejos y opciones estratégicas, especialmente cuando hombres, equipos y organizaciones necesitan trascender a lo importante para poder ver las fuerzas que modelan el cambio.

En el pensamiento sistémico, retroalimentación es un concepto amplio. Alude a todo flujo recíproco de influencia. "En el pensamiento sistémico es un axioma que toda influencia es causa y efecto. Nunca hay influencia en una sola dirección", Senge (1992). Anteriormente se señalaron los conceptos de retroalimentación reforzadora y compensadora.

Existen, entre otras configuraciones, dos estructuras que surgen con frecuencia: Límites del Crecimiento y Desplazamiento de la Carga. La primera sucede cuando un sistema reforzado se inicia y crece pero es desacelerado o detenido por un sistema compensador. En este caso, por principio, conviene eliminar los factores limitantes del crecimiento o los compensadores. Por ejemplo un equipo de trabajo mejora, tiene logros por un tiempo pero luego deja de mejorar. En general en todas las cosas que crecen, pero que luego se detienen, está presente la actuación de límites. La estructura de

este arquetipo indica la presencia de un proceso reforzador y de un proceso compensador gráficamente (ver figura 2.6):

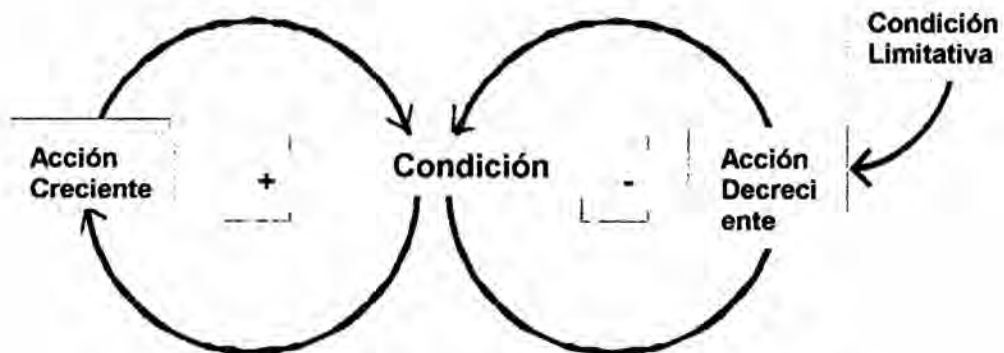


Figura 2.6 Límites del Crecimiento. Randers (1992).

La estructura de desplazamientos de la carga sucede cuando un problema se aborda a través de soluciones superficiales, dejando intacta la causa raíz. Es obvio que la mejor acción es reducir o eliminar las causas fundamentales. Caso contrario el problema reaparece con más fuerza. Por ejemplo, resolvemos el problema del estrés laboral haciendo ejercicios, cuando lo prudente es organizar mejor el trabajo. Sucede que desplazamos la carga hacia el ejercicio, formándose un círculo difícil de romper si no se abordan las causas de raíz. La estructura de este arquetipo está compuesto por dos procesos compensadores. Ambos tratan de ajustar o corregir el síntoma, ver figura 2.7.

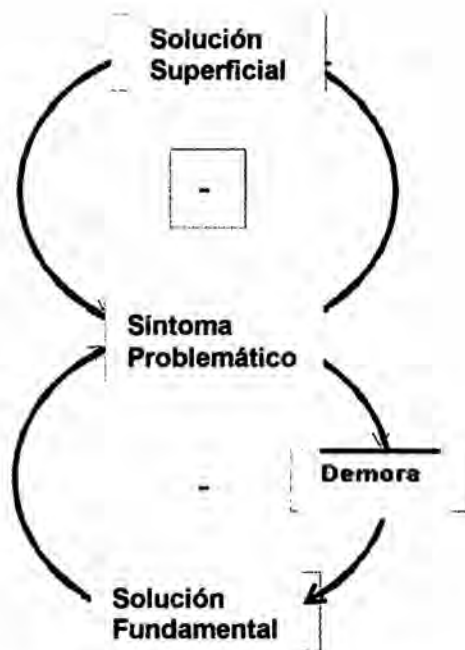


Figura 2.7 Desplazamiento de la Carga. Randers (1992).

Los factores, estructuras y flujos dan respuestas a sistemas dinámicos que se especifican en la técnica de dinámica industrial, Forrester (1961). El objetivo de la dinámica industrial es analizar el comportamiento industrial utilizando técnicas de simulación que muestran la forma en que responde a una decisión gerencial en atención a las políticas preestablecidas.

Dentro de un estudio dinámico se han clasificado los sistemas en abiertos y cerrados. En los abiertos las salidas son respuestas a las entradas externas del mismo.

Los resultados del análisis permiten comprender la manera que la estructura organizativa de una empresa afecta su desempeño. Se

utilizan técnicas de simulación para probar distintas políticas alternas de administración. La simulación pretende determinar el comportamiento característico del sistema en vez de predecir eventos puntuales. Los eventos puntuales tales como hacer un pedido o enviar un producto, son eventos distintos. Sin embargo, un estudio de dinámica industrial reúne los eventos y considera al sistema como continuo.

Un concepto de la dinámica industrial de un sistema se concentra en las velocidades a que cambien los distintos factores, y los expresa como variable continua. El flujo de pedido de los clientes se describe como una determinada tasa de pedidos y la entrega de pedidos se representa usualmente como una tasa. Se integra la diferencia entre las dos tasa para dar el nivel de pedidos y satisfacer en todo evento, según Geoffrey (1980).

Es decir las salidas son aisladas de las entradas. En cambio en los sistemas cerrados, llamados también retroalimentados, Son aquellos en el que hay auto- influencia de su comportamiento previo en su actuación presente.

Cuando se estudia un sistema cerrado es importante identificar la vuelta a alcanzar. Para lograrlo es necesario representar el sistema por medio de estructuras retroalimentadas, entre las cuales se

pueden encontrar la de retroalimentación positiva, como en el caso de proceso de crecimiento en los cuales los resultados generan un crecimiento cada vez mayor. En cambio, los sistemas de retroalimentación negativa buscan alcanzar una meta deseada. Corrigiendo su rumbo cada vez que se obtienen resultados que no son exactamente lo planeado hasta lograr que el funcionamiento del sistema alcance dicha meta.

La práctica del análisis sistémico permite que un estudio de dinámica industrial abarque aspectos de producción, distribución y venta de productos. Una estructura básica simple pero importante para representar una estructura industrial, se fundamenta en una relación entre niveles y tasa, las tasas de flujo se controlan mediante funciones de decisión que dependen de las condiciones del sistema.

Los niveles representan las acumulaciones de distintas entidades del sistema, como por ejemplo: inventarios, pedidos satisfechos, cantidad de empleos, nivel de experiencia, etc. El valor actual de un nivel en cualquier evento representa la diferencia acumulada entre el flujo de entrada y de salida para ese nivel. Se define que las relaciones de tasas representan el flujo instantáneo de un nivel. Las tasas corresponden a la actividad, mientras que los niveles miden el estado resultante al cual la actividad ha llevado el sistema. Las tasas de flujo se determinan por los niveles del sistema de acuerdo con



reglas definidas por las funciones de decisión que son afirmaciones de la política que señala como la información disponible acerca de los niveles conducen a las decisiones, expresado por Forrester (1961).

En general estas relaciones de niveles y tasas son básicas para adelantar el proceso de simulación que en términos conceptuales significa: representar por imitación el funcionamiento de un sistema o proceso por medio del funcionamiento de otro (una simulación por ordenador de un proceso industrial). Para iniciar un proceso de simulación debe existir en primer lugar un modelo de lo que se quiere simular. Hay varias clasificaciones de modelos, pero los más usuales son físicos (por ejemplo, el modelo de un avión), análogos (por ejemplo, una escala donde la división de un resorte o haz representa el peso), esquemático (por ejemplo, diagramas de circuitos eléctricos) y simbólicos (por ejemplo, código de computación o modelos matemáticos que representa un cajero humano o automático).

En general la información que se tenga de las características de un sistema, su estructura y su comportamiento con respecto al medio que la rodea, permite crear una representación mental del mismo, por medio de la cual se ordena su estructura teórica, la cual es otra cosa que un modelo del sistema en cuestión. A manera de definición

un modelo es la representación simplificada de un objeto o sistema, señalado por Rico (1992).

La experimentación con modelos haciéndole funcionar como si él fuera el sistema bien sea en condiciones reales o hipotéticas, es la simulación de sistema. Esta experimentación con el modelo se utiliza con bastante éxito para lograr comprender verdaderamente el funcionamiento de un sistema complejo, y muchas veces para alcanzar el diseño más adecuado de un sistema artificial.

Estos experimentos en ordenador, pueden realizarse antes de que el sistema real entre en operación. La simulación o la complejidad del problema hacen difícil o imposible aplicar técnicas de optimización. Por lo tanto, los talleres de trabajo, que se caracterizan por tener problemas de colas, han sido objeto de extensos estudio por medios de simulación en ciertos tipos de problemas de inventarios, de distribución de plantas o mantenimiento, entre otros. Además la simulación sirve para capacitar a los gerentes y trabajos en cuanto a la forma de los cambios en las variables del sistema, en el control del tiempo real y al desarrollar nuevas teorías acerca de las relaciones matemáticas o de la organización.

Para hacer efectivo un experimento a través de la simulación en computadora es necesario contar con un software apropiado , que es una herramienta poderosa para construir y crear modelos de simulación dinámica.

Sus características especifican un diagrama editor que ayuda a definir el modelo representando específicamente las variables, líneas de información y flujos de materiales. Las líneas de información representan la relación entre las variables que conectan, y la definición exacta es definida como una ecuación en el lenguaje adecuado.

El comportamiento del modelo se observa en el mismo diagrama, de manera que las variables, las líneas y flujos crean la estructura de modelo.

La conjugación de estos elementos, pueden conformar en modelos industriales complejos o un modelo elemental de algún subsistema. Cuando se simula el modelo, los resultados del comportamiento pueden ser usados para hacer análisis del comportamiento del sistema discreto.

Un modelo consiste en establecer, las relaciones de los componentes denominados variables. Construir un modelo es

hacer las definiciones de las variables y las relaciones entre ellas, vale decir niveles y tasas.

### **2.3.5 La Cadena De Suministros y la Dinámica De Sistemas**

A partir de los años 50 del siglo pasado se desarrolla la dinámica de sistemas y se han construido muchos modelos siguiendo los principios de esta disciplina, en áreas tan diversas como las ciencias sociales, económicas, ambientales, administrativas y biológicas.

A continuación, se hace una reseña de las investigaciones que han contribuido al desarrollo del Supply Chain Management (SCM, sigla en inglés) o Administración de la Cadena de Abastecimientos.

Con la aparición de los computadores digitales y la dinámica de sistemas el profesor Jay W. Forrester del Massachusetts Institute of Technology; publicó el libro *Industrial Dynamics*, en el año 1961 y luego se publica una versión de *Dinámica Industrial* en el año 71 (Forrester, 1971). Forrester es el primero en formalizar la dinámica de sistemas en problemas de la administración de la cadena de abastecimiento. En el libro "Dinámica Industrial", Forrester describe un modelo de un sistema de producción – distribución en términos de seis flujos que interaccionan entre sí: información, materiales, órdenes, dinero, fuerza laboral y equipos. El modelo se hace con una

fábrica, una bodega, un distribuidor y un minorista. Basado en este modelo, Forrester investiga los temas relacionados con la cadena de abastecimientos, como por ejemplo los cambios en la demanda del cliente que generan oscilaciones en los inventarios de los diferentes actores y muestra la amplificación del fenómeno, desde el minorista hasta la fábrica y cuál y cuál es el impacto de las tecnologías de información en los procesos administrativos. Especialmente se centra en el carácter de la realimentación de la información (Feedback) en el sistema industrial, y usa un modelo para el planeamiento de la organización en una forma perfeccionada y se refiere a las variaciones de las variables utilizadas, a través del tiempo, para analizar la estructura de la organización, la amplificación de las órdenes y las demoras (de decisiones y acciones); lo anterior, con el fin, tanto de mejorar la toma de decisiones relacionada con los aspectos estratégicos y tácticos, como para ayudar en la ejecución automática de un juicio de valor(Forrester, 1971).

Para demostrar el impacto en la cadena de abastecimientos, Sterman, en 1989 con el "Juego de la Cerveza" conduce un experimento para simular el manejo de la producción y distribución industrial, en el que se presentan varios actores, realimentaciones y retardos a lo largo de la línea de abastecimiento. En el juego se observa cómo el sistema exhibe tres comportamientos: oscilación, amplificación de las órdenes y retrasos en la cadena. Todo esto se debe a la poca percepción de

realimentación, aunque en la vida real es importante tener en cuenta que los gerentes tienen acceso a más información de la que está disponible en el experimento. En el juego de la cerveza las oscilaciones se deben a que las reglas de decisión no tienen en cuenta los retrasos de materiales e información que hay entre el momento en que se pone la orden y cuando se reciben los materiales, además, explica el razonamiento utilizado por las personas para la toma de decisiones (Sternan, 1989).

Akkermans y Dellaert referencia a Hafeez, en 1996, en las modelaciones de la cadena de abastecimiento de una industria de acero; trabaja el diseño de dicha cadena con el objetivo de que se tengan los mínimos inventarios dentro de lo razonable. También describe la combinación de hombre y máquina como uno de los mayores problemas para el diseño de la logística. (Akkermans & Dellaert, 2005)

En 1997, Barlas y Aksogan, usan un estudio de caso en la industria de la confección para desarrollar un modelo de una cadena de abastecimiento de venta al detal, compuesta principalmente por un mayorista, un minorista y los clientes. El propósito de la simulación es desarrollar políticas de inventario que incrementan las utilidades del minorista, así como estudiar las implicaciones de la diversificación de estrategias. El modelo se realiza usando el software Stela1 y utiliza

datos de la compañía de ropa Levi's. En el artículo *Product diversification and quick response order strategies in supply chain management* se describen las variables que son utilizadas para la modelación; algunas de ellas son: Inventarios, diversidad del producto, ventas perdidas, tiempo de ajuste del inventario y capacidad. (Barlas & Aksogan, 1997)

El libro *Life Cycle Management in Supply Chains: Identifying Innovations Through the Case of the VCR* de Higuchi & Troutt, referencian a Parlar & Weng de 1997, los cuales consideran la coordinación conjunta entre una firma manufacturera y los departamentos de suministro, con productos de ciclo de vida cortos. La demanda se modela con un supuesto de distribución probabilística para el modelo del vendedor de periódicos. Se analiza los casos de las decisiones conjuntas e independientes sobre la cantidad a producir y la utilización de materia prima a ser suministrada para manufacturar (Higuchi & Troutt, 2008)

En 1999, Akkermans, Bogerd y Vos investigan los ciclos de realimentación de la administración de la cadena de abastecimiento internacional (o SCM internacional), y establecen los modelos causales de las metas y barreras que se encuentran en el camino hacia la SCM internacional efectiva (Angerhofer & Angelides, 2000).

En 1999, Towill se basa en el modelo de Forrester previamente mencionado para hacer el rediseño de una cadena de abastecimiento. Después de su estudio, propone la reingeniería de la cadena de abastecimiento mediante los tres siguientes elementos: reducir todos los lead times (de materiales, información y flujos de efectivo); eliminar los retardos en los puntos de decisión; y proveer con información del mercado a las personas que toman las decisiones “aguas arriba” de la cadena. (Angerhofer & Angelides, 2000)

En otro estudio realizado en 1999, Cakravastia y Diawati describen un modelo de dinámica de sistemas que permite localizar cuellos de botella potenciales y pronosticar el desempeño logístico de una industria en particular. Definen el desempeño logístico con tres indicadores: calidad del producto, costo, y tiempo de entrega. Tradicionalmente, el foco de atención se dirige a controlar el flujo de bienes físicos y de información; sin embargo, estudios indican que descuidar el flujo financiero puede causar problemas aún mayores que los otros dos, y reducir el desempeño logístico. Se proponen que el modelo en dinámica de sistemas debe incorporar los tres flujos: físicos, de información y financieros. (Angerhofer & Angelides, 2000)

En el artículo de Kleijnen y Smits sobre métricas de la medición en la administración de cadena de abastecimientos, evalúa el desempeño a través de cinco indicadores claves que se observan en la Tabla 1. (Kleijnen & Smits, 2003)



Tabla 1. Indicadores logísticos para el desempeño de la cadena de abastecimiento. INDICADORES	SIGNIFICADO
Tasa de entrega (Fill Rate)	Porcentaje de órdenes entregadas a tiempo.
Tasa de entrega negociada (Confirmed fill rate)	Porcentaje de órdenes entregadas en fechas que se han negociado con el cliente, para entregar en fechas diferentes a las requeridas por el cliente.
Demora en la respuesta (Response delay)	Es la diferencia entre la fecha requerida y la fecha negociada, expresada en días laborales.
Inventarios (Rotación)	El total del producto en proceso (WIP) sobre el promedio de las ventas de meses anteriores, en el corto tiempo y se expresan en porcentaje.
Demora (Delay)	Entrega diaria requerida - entrega confirmada. Este indicador mide la magnitud de la demora.

Autoría: Kleijnen & Smits, 2003

Para Hewlett Packard lo más importante en cuanto al desempeño de la cadena de abastecimiento, es compartir los tres indicadores que se observan en la Tabla 2. (Kleijnen & Smits, 2003)

Tabla 2. Indicadores logísticos Hewlett Packard INDICADORES	SIGNIFICADO
Tasa del entrega (Fill rate)	Porcentaje de la demanda que es cubierta con inventario.
Ventas/Rata del Inventario (Sales/Inventory Ratio)	Razón de retorno sobre el inventario.
Ventas (Sales)	

Autoría: Kleijnen & Smits, 2003

Los indicadores del desempeño de la cadena de abastecimiento son muy importantes y la mayoría de las empresas los poseen. Estos indicadores muchas veces tienen el mismo nombre como se observa en las tablas 1 y 2, pero pueden considerar diferentes elementos en su medición. (Stalk Jr, 1988).

En la Universidad de Sevilla se hizo un estudio, con un simulador, sobre el impacto del intercambio electrónico de datos para observar los efectos de la reducción del efecto látigo y los costos del inventario en la cadena de abastecimiento. El objetivo básico fue determinar qué tan efectivamente los estudiantes pueden utilizar la información sobre la demanda para reducir el alto nivel de trabajos atrasados y el ajuste de los costos de capacidad causados por el efecto látigo en la cadena de abastecimiento. Además, se observó que estos simuladores proveen a los usuarios con una opinión más clara de los efectos de cualquier mejora posible que se pueda llevar a cabo en la cadena de abastecimiento, ya que no solo pueden afectar el sistema en su

totalidad, sino también en cada etapa de la cadena; ésto es especialmente importante si se consideran las opiniones de muchas de las empresas que se sienten obligadas a utilizar EDI sin tener claridad sobre las ventajas que se pueden derivar de su puesta en práctica. (Machuca & Barajas, 2004).

En el año 2005, la revista *Systems Dynamics Review* (The System Dynamics Society, 2005) publicó una edición especial dedicada a las cadenas y redes de abastecimiento. En la publicación aparecen varios artículos, de los cuales, a continuación, se hace una breve reseña:

Akkermans y Dellaert, por ejemplo, realizan un estudio sobre las contribuciones de la dinámica de sistemas al SCM hasta el 2005. Encuentran que las suposiciones más comunes en las investigaciones de modelación de cadenas de abastecimiento incluyen la acumulación de la demanda, funciones de costos lineales, capacidad infinita, los lead times constantes y demanda constante. Además, llegan a la conclusión de que la meta común de estas investigaciones, por lo general, es la minimización de los costos de mantener inventario con la condición de conseguir un cierto nivel de servicio para el cliente, o reducir las variaciones (oscilaciones) del inventario. (Akkermans & Dellaert, 2005).

Goncalves, Hines y Sterman estudian el impacto de la demanda endógena en los sistemas de producción híbridos push-pull, para lo

cual construyen un modelo de la cadena de abastecimientos de los semiconductores de Intel. Analizan qué tanto responde la demanda de los clientes a niveles de servicio variables por parte de la compañía, teniendo en cuenta dos efectos: el efecto de las ventas y el efecto de la producción. El primero, representa, en una realimentación negativa, cómo la escasez de producto hace que los clientes busquen otras fuentes de abastecimiento (competencia), haciendo que se reduzca la demanda y disminuye la escasez en Intel. El segundo efecto captura el impacto de los cambios en la demanda en las decisiones de producción del fabricante: menos demanda lleva a reducción de la producción (de la utilización de la capacidad) para evitar tener excesos de inventario. Al bajar la producción se tendrán bajos inventarios y bajos niveles de servicio al cliente por escasez de producto, lo que deprime aún más la demanda, en un ciclo de retroalimentación positiva. Es decir, que el efecto de la producción genera una reacción que refuerza aún más la perturbación original. También muestra cómo el sistema híbrido se puede convertir en un sistema push, si se agotan los inventarios de productos terminados. (Goncalves, Hines, & Sterman, 2005).

### **2.3.6 Formulación del modelo matemático.**

El mapa estratégico y las redes métricas ponen sólidos fundamentos más allá del proceso de toma de decisión, sin embargo, la unión entre

estos mapas se hace de forma cualitativa, los cuales representan dependencias lógicas o causales. Así, el siguiente paso en esta interacción es extender el modelo inicial cualitativo a series de ecuaciones matemáticas interrelacionadas que especifiquen cómo los elementos están relacionados cuantitativamente.

Tal y como se desarrollan en los estudios de Perrone, Wieland, Liu et al. (2006), las relaciones cuantitativas no son fáciles de obtener en los mapas estratégicos y las uniones de redes métricas. Así, se diseña un mecanismo híbrido que utiliza AHP para el peso del mapa estratégico y las uniones para métricas de bajo nivel, mientras aplica sistemas dinámicos (SD) para redes métricas en la exploración de mecanismos operacionales en la Cadena de Suministro.

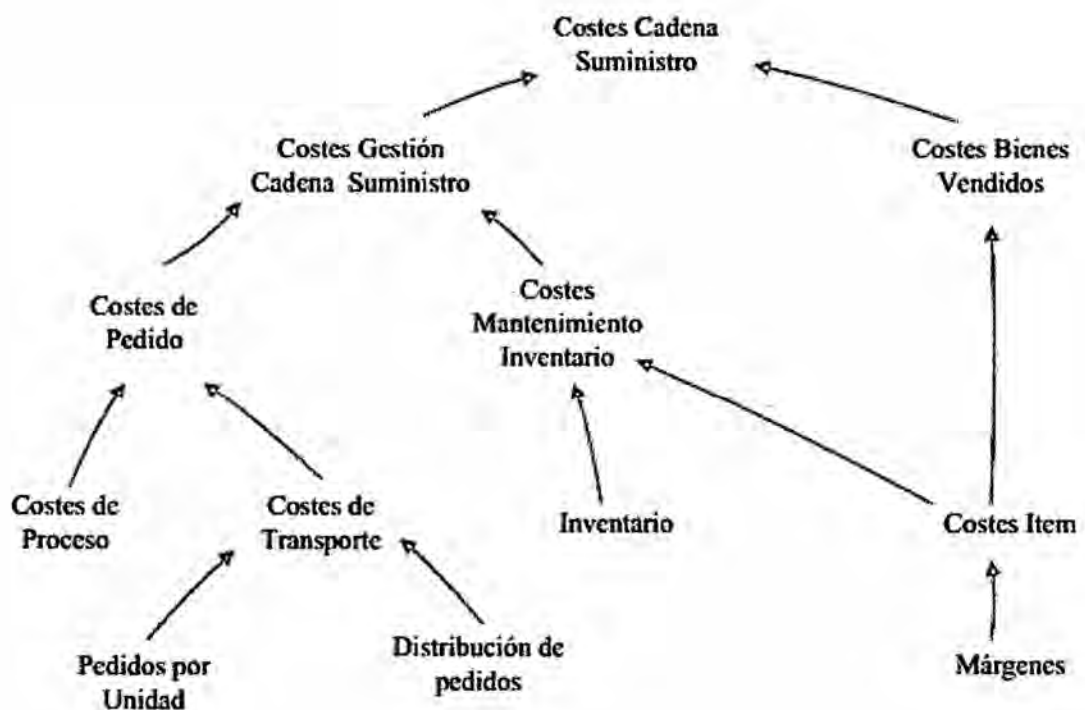


Figura 2.8. Redes métricas para Costos de la Cadena de Suministro. Liu. (2006)

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 Materiales**

- Materiales de oficina
- Cuestionarios y trabajo en equipo
- Material Bibliográfico
- Material de Cómputo e impresión

#### **3.2. Métodos**

La metodología utilizada para el modelado y análisis en esta investigación es la Dinámica de Sistemas.

El objetivo de la Dinámica de Sistemas es examinar la interacción que existe entre varias funciones (procesos físicos, flujos de información, políticas de gestión, etc.) dentro de un sistema, con el fin de facilitar la comprensión del mismo y mejorar la interacción de los componentes de dicho sistema.

Los pasos a seguir a la hora de crear el modelo propuesto utilizando la metodología de la Dinámica de Sistemas sigue dos etapas:

La primera etapa de la investigación: El propósito de esta primera etapa de la investigación fue conocer el contexto donde se encuentran los Laboratorios y la situación de los laboratorios de Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao. Así como también de las

necesidades y requerimientos para la cadena de Suministro en nuestra Facultad mediante preguntas a los actores dentro de los Laboratorios.

La segunda etapa de la presente investigación se trabajó con la construcción del modelo para el cual se utilizó el software Arena

### **3.2.1. Primera Etapa**

En esta primera etapa la dividimos en dos fases, **primero** conocer el contexto donde se encuentran los Laboratorios y la situación de los laboratorios de Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao

#### **3.2.1.1. La Universidad Nacional Del Callao**

##### **A) Creación.**

Por Ley N° 16225, del 02 de septiembre de 1966, se creó la Universidad Nacional Técnica del Callao (UNATEC), siendo presidente de la República el Arq. Fernando Belaúnde Terry y Ministro de Educación el Dr. Carlos Cueto Fernandini., publicándose en el diario oficial "El Peruano" el texto íntegro de la ley el 08 de setiembre del mismo año.

Con la promulgación de esta Ley, se vio culminado y cristalizado un anhelo de la comunidad chalaca, es decir, con una Casa de

Estudios Superiores de nivel universitario. La Universidad Nacional Técnica del Callao nace con un carácter netamente técnico y de alto nivel, que se considera única por su localización privilegiada.

#### **B) Contexto geográfico.**

Geográficamente, el puerto del Callao constituye una zona altamente industrial y de actividad comercial relacionada con la pesca y la construcción de embarcaciones marítimas, y una variedad de industrias, tanto básicas como derivadas; así como un gran movimiento por ser sede del primer terminal aéreo y del primer puerto marítimo del país, contando con una población escolar de gran magnitud, que requiere una formación académica y técnica en grado superior, para desempeñarse con eficiencia en todos los sectores de la economía.

#### **C) Desarrollo histórico.**

Este Centro de estudios superiores inicialmente se creó con cuatro facultades:

- Recursos Hidrobiológicos y Pesquería
- Química Industrial,
- Ingeniería Naval, Industrial, Mecánica y Eléctrica,
- Ciencias Económicas y Administrativas.

Además la Ley de creación facultaba la posibilidad de establecer escuelas de capacitación para formar obreros maestros



especializados en las ramas del conocimiento que la universidad ofrecía.

Posteriormente, por Resolución N° 3407-76-CONUP, del 11 de mayo de 1976, el Consejo Nacional de la Universidad Peruana autorizó el funcionamiento definitivo a seis programas académicos:

- Ingeniería Química.
- Ingeniería Pesquera.
- Ingeniería Mecánica.
- Ingeniería Eléctrica.
- Economía.
- Contabilidad.

Es importante mencionar que la Universidad Nacional del Callao, acorde con las exigencias y necesidades académicas cuenta actualmente con once Facultades, dieciséis Escuelas Profesionales y una Escuela de Post-Grado, y son las siguientes:

Facultad de Ciencias Administrativas.

Facultad de Ciencias Contables.

Facultad de Ciencias Económicas.

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas.

Facultad de Ingeniería Mecánica y Energía.

Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos.

Facultad de Ingeniería Química.

Facultad de Ciencias de la Salud.

Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas.

Facultad de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales.

Escuela de Post-Grado.

Actualmente, la Universidad Nacional del Callao continúa su labor universitaria dentro de un mundo caracterizado por un proceso de globalización y avance vertiginoso de la Ciencia y la Tecnología, en un esfuerzo por responder a estos desafíos y ubicarse a la altura de las nuevas tendencias y paradigmas que plantea hoy la Educación Superior.

#### **D) LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA.**

La Facultad de Ingeniería Química se creó el 02 de Septiembre de 1966, con el nombre de Facultad de Ingeniería Química Industrial, por Ley N° 16225, que creó la Universidad Nacional Técnica del Callao (UNATEC); posteriormente se denominó Facultad de Ingeniería Química.

Desde su creación hasta la fecha han egresado 1120 egresados, su población estudiantil alcanza a 1142 alumnos.

Sus Decanos realizaron las siguientes importantes actividades:

Con el Ing. José Alvarado Rivadeneyra se inicia la modernización de los Laboratorios de Química y adquisición de equipos para el Laboratorio de Operaciones Unitarias.

El Mg. Carlos Ancieta Dextre, priorizó la capacitación y actualización Docente, implementando incluso la subvención para material bibliográfico. Promovió el estudio de las maestrías y doctorados por parte de los docentes. Incentivó, mediante becas y subvenciones a los estudiantes a fin de que realicen estudios de especialización e idiomas. Brindó las facilidades del caso a las oficinas correspondiente a fin de mejorar la imagen de nuestra Facultad a nivel regional y nacional, logrando que se aparturen las posibilidades de realizar prácticas pre profesionales y desarrollo profesional. Formalizó la evaluación de los alumnos, implementando el sistema de calificación anónima, dando énfasis a que los aspectos académicos se uniformicen tanto en la documentación silábico como en el tramite respectivo.

El Ing. Pablo Díaz, Decano, continuó con la implementación de Los laboratorios de Química y LOPU y Cómputo. Dio inicio al proceso de auto evaluación.

La Ing. Lida Sanéz Falcón, implementado los Laboratorios de Cómputo y las aulas con el equipo multimedia necesario acorde con el avance tecnológico.

El Ing. Pablo Díaz, actual decano de la facultad continua con el proceso de Autoevaluación de la Facultad de Ingeniería Química en camino a la Acreditación, siendo para ello cumplir con todas las exigencias requeridas, siendo una de ellas la optimización de los Laboratorios.

La Facultad de Ingeniería Química posee entre uno de sus órganos de Apoyo, a los Laboratorios de Química, Unidad encargada de coordinar y ejecutar acciones que involucran la demostración experimental de la parte teórica de la enseñanza impartida a los estudiantes en la Facultad de Ingeniería Química, entre sus ambientes se cuenta con:

- un almacén Central de materiales,
- un almacén Central de reactivos y
- Laboratorios específicos según la asignatura o asignaturas y, se han desarrollado las siguientes actividades :

Química General I.

Química General II.

Química Inorgánica, Tratamiento de Aguas.

Química Orgánica.

Físico-Química,

Química Analítica Cualitativa

Química Analítica Cuantitativa, Química Textil.

Análisis por Instrumentación.

Física y Electricidad

**D.1) ORGANIZACION E IMPLEMENTACION**

**1. ORGANIZACION ESTRUCTURAL**

**GRAFICO DEL ORGANIGRAMA DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA QUIMICA**



## **D1.1 INFRAESTRUCTURA**

La Facultad cuenta con:

**D1.4.1** Un pabellón de 4 pisos con 11 aulas, distribuidas al detalle:

### **1° Piso**

Auditorio de la facultad.

Aula 101 sala de clases = 50 alumnos.

Aula 102 sala de clases = 80 alumnos.

Aula 103 sala de clases = 80 alumnos.

### **2° Piso**

Aula 201 sala de clases = 80 alumnos

Aula 202 sala de clases = 100 alumnos

Aula 203 sala de clases = 80 alumnos.

Aula 204 Centro de Computo de la FIQ.

### **3° Piso**

Oficinas Administrativas de la FIQ

Aula 301 sala de clases = 50 alumnos.

Aula 302 sala de clases = 50 alumnos.

Aula 303 sala de clases = 50 alumnos.

### **4° Piso**

Ambiente: Biblioteca especializada.

- Aula 401 sala de clases = 50 alumnos  
Aula 402 sala de clases = 50 alumnos  
Aula 403 sala de clases = 50 alumnos.  
Aula 404 sala de clases = 50 alumnos.

**D1.1.2 Un pabellón de Laboratorios de Química con ambientes destinados a :**

**Primera Planta**

- (01) Laboratorio de Química General.
- (01) Laboratorio de Química de Alimentos.
- (01) Laboratorio de Análisis por Instrumentación.
- (01) Laboratorio para Investigación.
- (01) Laboratorio para Difractometría
- (01) Ambiente para reactivos.
- (01) Ambiente para materiales de vidrio.

**Segunda Planta**

- (02) Laboratorios de Química Orgánica.
- (02) Laboratorios de Físico-Química.

**Tercera Planta**

- (01) Laboratorio de Química Analítica.
- (01) Laboratorio de Química Inorgánica.
- (01) Laboratorio de Física
- (01) Laboratorio de Química

**D1.1.3 Un pabellón de Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarios (LOPU), en implementación**

Cuenta al momento con los siguientes equipos:

**A. LABORATORIO DE FLUJOS DE FLUIDOS**

**A.1 BANCO DE TUBERÍAS**

**Para realizar:**

- \* Medida de presión (hidrostática e hidrodinámica).
- \* Medidores de flujo y calibrador de instrumentos:
  - Rotámetro.
  - Orificio.
  - Pitot.
  - Contómetro.
- \* Diferencia de presiones (caída de presión) entre dos puntos de tubería y/o accesorios.
- \* Pérdidas de carga local y total en tuberías rectas y accesorios.
- \* Funcionamiento de una bomba centrífuga.
- \* Identificación cualitativa de tuberías y accesorios instalados en el banco de tuberías.



A.2 MEDIDOR DE PLACAS DE ORIFICIO  
(medidor de flujo).

A.3 VERTEDERO DE REBOSE  
RECTANGULAR.

A.4 VERTEDERO DE REBOSE TRIANGULAR  
(30°)

A.5 MEDIDOR DE NIVEL.

A.6 MEDIDOR DE NIVEL DE TUBO  
PURGADO.

A.7 CUBA DE REYNOLDS.

A.8 CUBA DE STOKES

## **B. LABORATORIO DE TRANSFERENCIA DE CALOR**

**B.1 INTERCAMBIADOR DE CALOR DE  
DOBLE TUBO** (control manual y  
automatizado) con accesorios:

- Válvula de control automático Leslie  
(eléctrica-neumática).
- Válvula reguladora de presión de aire con  
filtro incorporado.
- trampa de vapor.
- Termocuplas.
- Contómetro.
- Manómetros.
- Computador 486 con impresora.

- Controlador automático.

## **B.2. CALDERA - 12 HPB**

Con equipo ablandador de agua.

## **C. LABORATORIO DE PROCESOS QUIMICOS.**

### **C.1 REACTOR**

De acero inoxidable, 10 L de capacidad.

Para corridas de Procesos de esterificación, polimerización, hidrólisis, fermentación, preparación de azúcares, glucosa, etc. Con accesorios:

- Arrancador magnético.
- Trampa de vapor.
- Manómetro.
- Termómetros.
- Válvula de seguridad.
- Válvulas de alimentación y descarga, etc.

### **C.2 SECADOR**

De acero inoxidable con controles de temperatura y peso.

## **D. LABORATORIO DE METALURGIA EXTRACTIVA**

- ### **D.1 CHANCADORA DE QUIJADA DE 5"X6" - marca DENVER.**

D.2 EQUIPO DE MOLIENDA TIPO VIBRATORIO, CON DOS MOLINOS DE ACERO.

D.3 UN TAMIZADOR VIBRATORIO (RO-TAP), CON NIDO DE SEIS CEDAZOS DE LA SERIE TYLER.

D.4 UN EQUIPO DE FLOTACION, marca DENVER, con accesorios completos.

#### **E. LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS**

E.1 FILTRO A PRESION DE 8", MARCA DENVER.

E.2 MOLINO DE MARTILLOS (para granos).

E.3 UN MOLINO DE DISCOS DENTADOS, CON ALIMENTADOR DE GUSANO.

E.4 TRES EQUIPOS DE MOLIENDA DE DOS RODILLOS, con molinos de acero y cerámica de diferentes tamaños. Motores de velocidades regulables.

E.5 EQUIPO VIBRATORIO, con cedazos de diversos tamaños de mallas.

E.6 EQUIPO PARA PRUEBAS DE SEDIMENTACION INTERMITENTE.

E.7 COMPRESORA DE AIRE (80 lbs de capacidad).

- E.8 BALANZA DE PEDESTAL (hasta 200 K).
- E.9 BALANZA MECANICA DE TRIPLE BRAZO (hasta 2,600 g).
- E.10 ESTUFA - SECADORA (hasta 400 °C).
- E.11 DOS MUFLAS (hasta 1,200 °C)>

#### F. OTRAS ADQUISICIONES

ITEM	EQUIPO
01	FILTRACION MULTIPLE AL VACIO
02	MICROSCOPIO DE CABEZA BINOCULAR
03	EXTRACCION EN FASE SOLIDA PARA 12 POSICIONES
04	ESPECTROFOTOMETRO INFRARROJO CONTRANSFORMADA DE FOURIER
05	CAMPANA EXTRACTORA PARA SUSTANCIAS VOLATILES
06	MANTAS DE CALENTAMIENTO ELECTRICO
07	AGITADOR MAGNETICO
08	CONDUCTIMETRO DE MESA
09	BALANZA ANALITICA x 210 G.
10	BALANZA x 35 Kg

- 11 ELECTRODOS PARA CELDA GALVANICA
- 12 FRIGIDER DE 1.15x74 x68 cm DE 230V
- 13 CENTRIFUGA DE VELOCIDAD VARIABLE
- 14 EQUIPO DE TRATAMIENTO DE AGUA
- 15 REFRACTOMETRO ABBE
- 16 UNIDAD DE OSMOSIS INVERSA
- 17 UNIDAD DE ABSORCION DE GASES

**3.2.1.2. Necesidades y Requerimientos para la Cadena de**

**Suministros.-** En esta segunda fase de la primera etapa se trabajó en conocer las necesidades y requerimientos para la cadena de Suministro en nuestra Facultad mediante preguntas a los actores dentro de los Laboratorios. Se elaboró un cuestionario el cual presentado a :

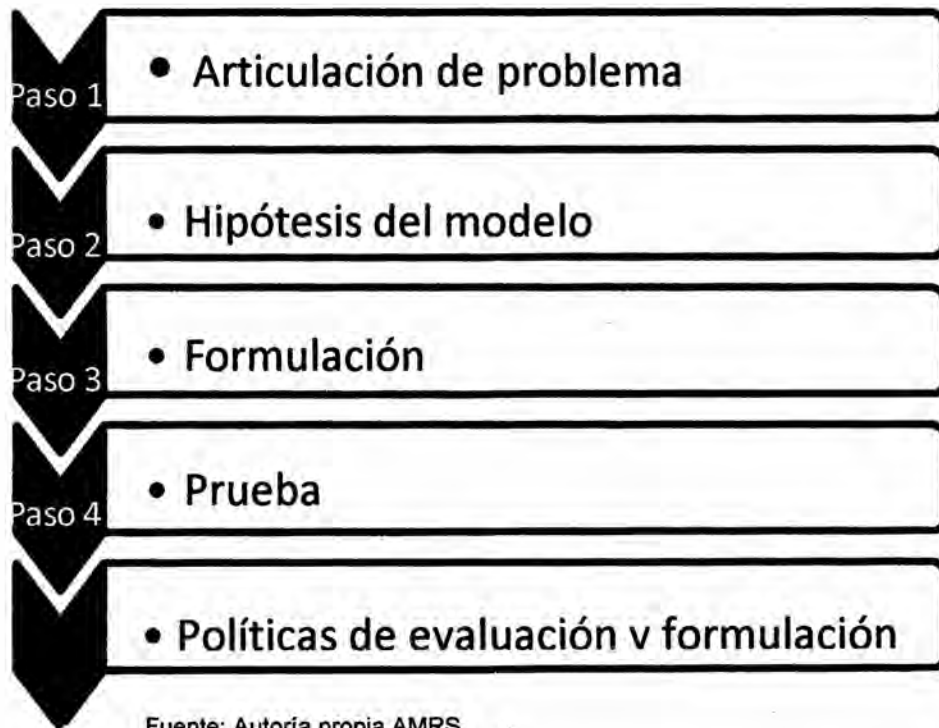
- ✓ Ing. Leonardo Carlos Pereira, jefe actual del Laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería Química.
- ✓ Ing. Cesar Gutiérrez Cuba, ex jefe Laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería Química.
- ✓ Químico Farmacéutico Walter Tapia ex jefe Laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería Química.

- ✓ Ing. Juan Median Collana, jefe actual del Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOPU) de la Facultad de Ingeniería Química.
- ✓ Ing. Mabel luna Chávez coordinadora de Laboratorio de Textil.
- ✓ Encargada de Laboratorio de la facultad de Ingeniería Química. Sra. Margarita Benavente. (Administrativo)
- ✓ Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOPU) de la Facultad de Ingeniería Química, señor Juan José Gutiérrez Sedano (Administrativo)
- ✓ Secretaria de OGA de la Universidad nacional del Callao

### **3.2.2 Segunda Etapa**

#### **3.2.2.1 Pasos para la Modelación**

Para el logro de los objetivos y diseño del modelo se siguen los cinco pasos del libro "*Strategic modeling and business dynamics: a feedback approach*" de *Morecroft* (Morecroft, 2007), los cuales se observan en el esquema adjunto:



Los pasos se definen como:

**Paso 1.** Articulación del problema. Es el paso más importante, debido a que en él se realiza un estudio completo para identificar el problema a resolver.

**Paso 2.** Hipótesis del modelo. El modelador realiza un diseño preliminar de todas las variables que pueden llegar a interactuar en el problema.

**Paso 3.** Formulación. En este paso se transforma la hipótesis en un modelo real con todos sus procesos y respectivas ecuaciones.

**Paso 4.** Prueba. Aquí se realiza la simulación para saber si el modelo funciona correctamente y, si hay alguna inconsistencia, se corrigen los errores para así obtener el modelo integral.

**Paso 5.** Políticas de evaluación y formulación. Se da por sentado que el modelo es capaz de identificar los problemas, por lo tanto, se ensayan nuevas políticas y se simulan para observar cómo se comportan. Se debe tener en cuenta que todos los pasos tienen influencia sobre los otros, por lo tanto, cualquier cambio realizado en alguno de estos pasos puede afectar algún paso anterior o siguiente.

Para la realización de los pasos anteriores trabaje en colaboración con un equipo modelador encargado de realizar la modelación. Para la realización del trabajo de investigación el grupo de trabajo incluye dentro de sus integrantes un experto modelador y un Estudiante de maestría en logística de la UPC, encargado de manejar las políticas de cadena de suministros. Hay tres diferentes fases de trabajo en la que se cruzan con los cinco pasos anteriores. En la fase 1, el investigador y el estudiante se encargan de realizar un mapeo de toda la situación y definir los aspectos más relevantes; Esta fase comienza con la articulación del problema y termina con el diagrama de flujo (Morecroft, 2007).

#### **3.2.2.1.1 Cuestionario**

Para el presente trabajo de investigación se realizaron dos cuestionarios al personal administrativo, jefes de laboratorio y coordinadores de laboratorio, estos cuestionarios se realizaron en dos tapas y en diferentes momentos de la investigación el cual consto de las siguientes preguntas:



**a) Cuestionario N°1**

- 1.- ¿Cuántos y cuáles son los laboratorios a su cargo?
- 2.- ¿Que demanda cada laboratorio, cuanto y cada cuánto tiempo?
- 3.- ¿Cómo es el proceso de compra para abastecer los laboratorios?
- 4.- Tiempo que se demora el proveedor en entregar los productos a almacén?
- 5.- ¿Proceso y tiempo para que los productos pasen de almacén a los laboratorios?
- 6.- Cuantos proveedores hay y que productos proveen a los laboratorios?

**b) Cuestionario N°2**

Este cuestionario se realizó al jefe y ex jefes de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química de la UNAC.

- 1.- ¿Cuánto le demandaba a usted como jefe recoger y consolidar las ordenes de los coordinadores de laboratorios para pasarlos al decanato para su compra?
- 2.- ¿El jefe de LOPU, tenía alguna dependencia con la jefatura de los laboratorios?
- 3.- ¿Usted le solicitaba a los coordinadores de los laboratorios lo que necesitaban o ellos le solicitaban y cada cuanto tiempo, semanal, semestral, anual?

4.- ¿Señor jefe con respecto a los reactivos que reactivos le pedían y cual en mayor cantidad?

5.- ¿Qué diferencia encuentra entre insumos y materiales dentro de los laboratorios y cual tiene más prioridad?

6.- ¿Si ya existe un proceso de compra en ejecución (ya se solicitó a OGA) y aun no se ha recibido los materiales, los coordinadores de los laboratorios requieren de elementos, usted puede hacer el pedido al decanato o tiene que esperar a que llegue lo pedido para poder solicitar?

#### **3.2.2.1.2 Resultados del Cuestionario**

De los resultados del cuestionario del anexo A, se obtiene la descripción de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química, la cual hace una actividad mixta para la el requerimiento de materiales, equipos y reactivos. Se trabaja dependiendo del proceso de todos los laboratorios que comprenden los Laboratorios de la facultad de Ingeniería Química. Utiliza un sistema productivo modular grupal. El tamaño de los lotes es estimado bajo pedido ó por presupuesto. Cada semestre se recibe las órdenes de los coordinadores de los laboratorios, dependiendo de la cantidad de referencias y el Jefe de los laboratorios se encarga de realizar la planeación y pedido a la Facultad, el cual mediante el decanato de la facultad es enviado a la Universidad.

La Universidad se dedica a los procesos de compra, de abastecimiento, de mantenimiento, desde el pedido del decanato pasando por OGA, Planificación regresa OGA para pasar por OASA y luego a los almacenes de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química.

Dentro de la Universidad existe un programa de métodos y tiempos realizado por un analista interno. Para la organización del trabajo se utiliza un sistema de cronometraje y una hoja de ruta.

El tiempo promedio del proceso dentro de la Universidad es de 08 a 12 meses. El abastecimiento de los laboratorios depende del proceso.

#### **3.2.2.1.3 Diagrama Causal**

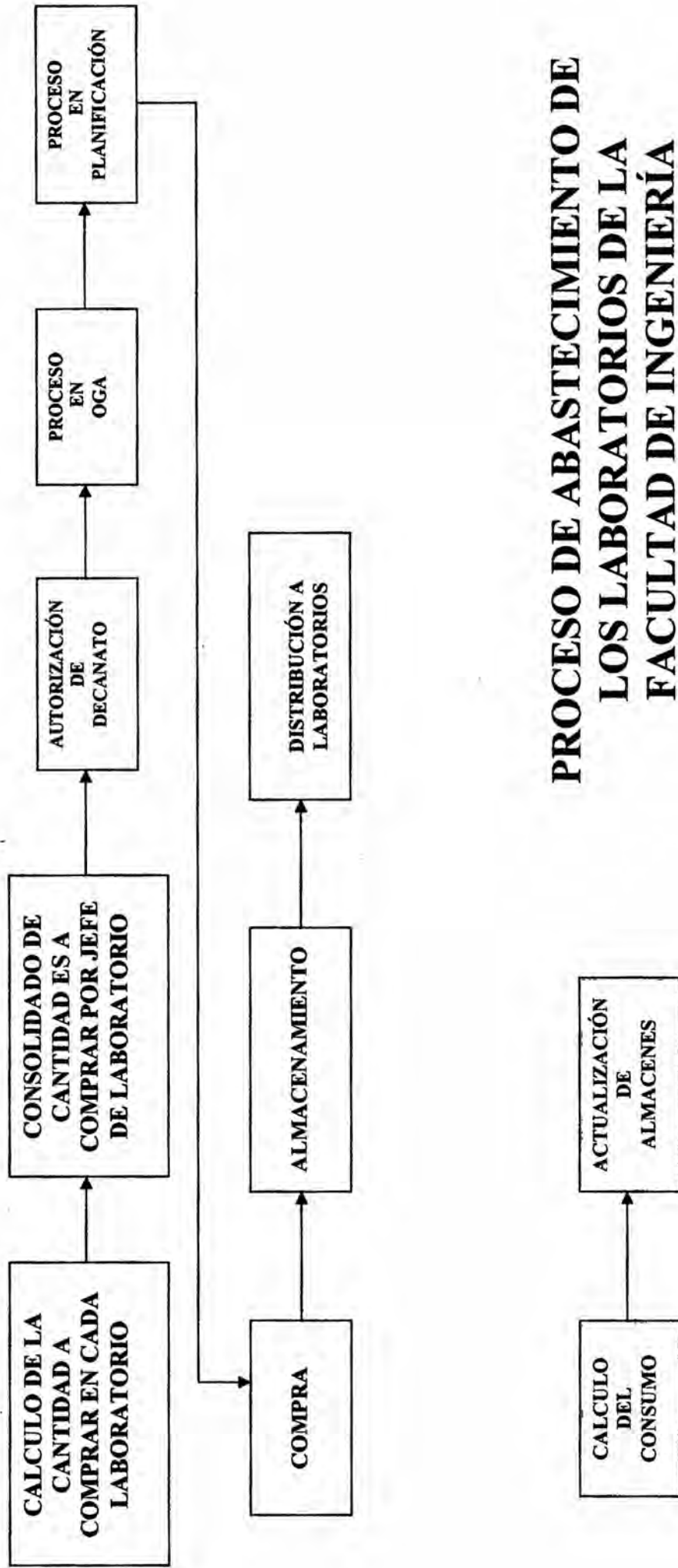
Con la elaboración del paso uno, se realiza la modelación del paso dos; con el desarrollo del diagrama causal de los laboratorios que se muestra en la Figura adjunta.

Los modelos de cadenas de suministro siempre involucran realimentaciones negativas, las cuales comparan el estado real del sistema contra el estado deseado, para iniciar las acciones correctivas que elimine las discrepancias. La acción correctiva consiste en alterar los flujos de entrada y de salida de los niveles, para así mantenerlos dentro de unos rangos deseados (Sterman J. D., 2000). Por lo general,

se tiene más control sobre la tasa de entrada, porque es más difícil controlar las tasas de salida.

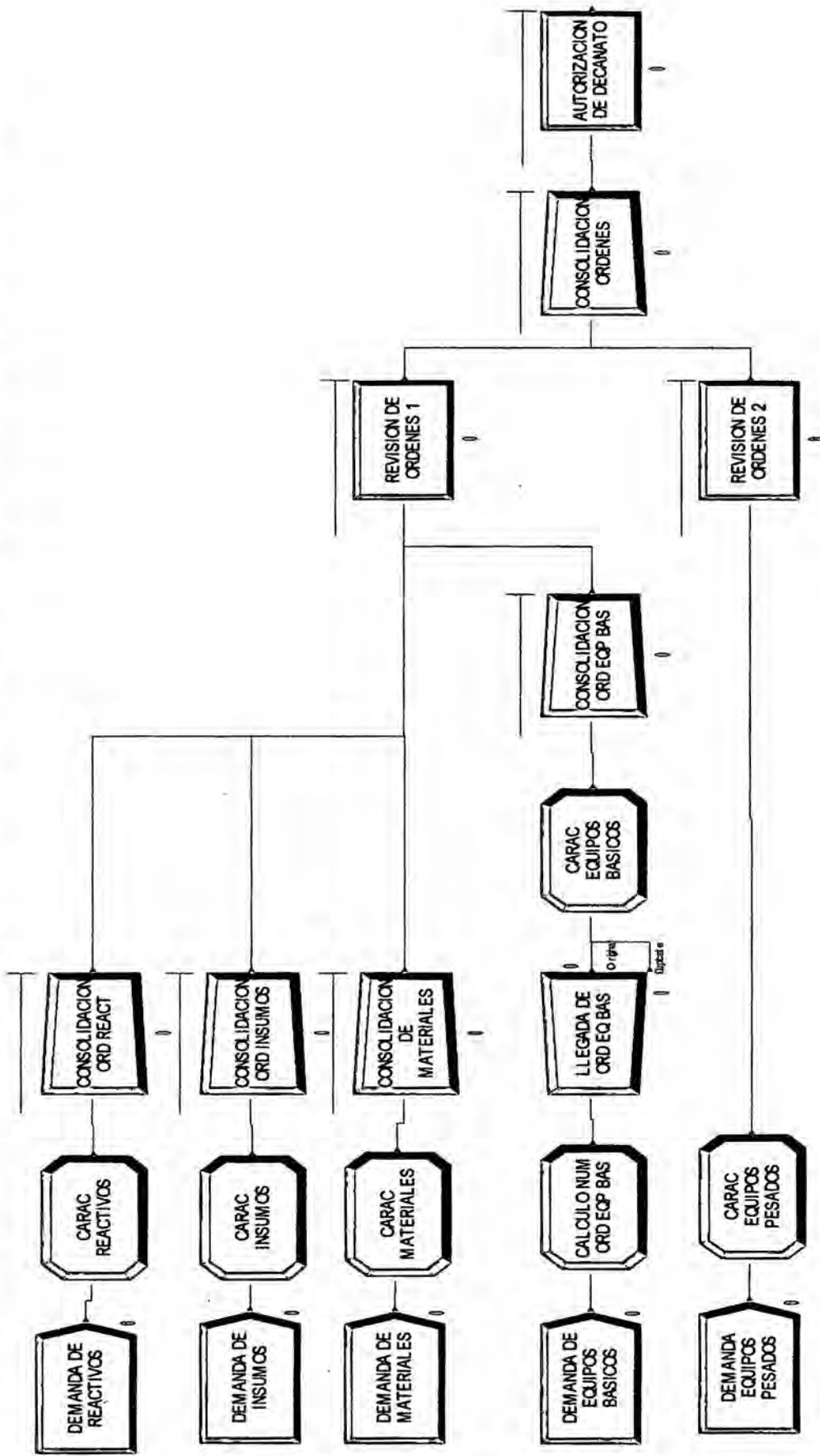
Además, es muy importante anotar que desde el inicio de la acción correctiva y los efectos de la misma, hay demoras que se deben tener en cuenta.

# DIAGRAMA DE FLUJO

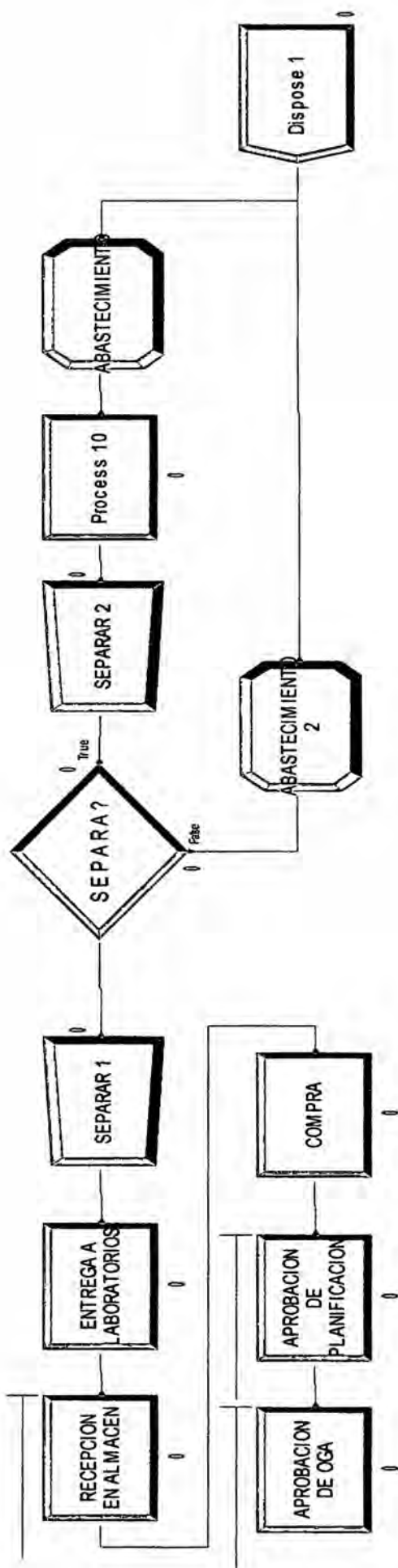


## PROCESO DE ABASTECIMIENTO DE LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA-UNAC

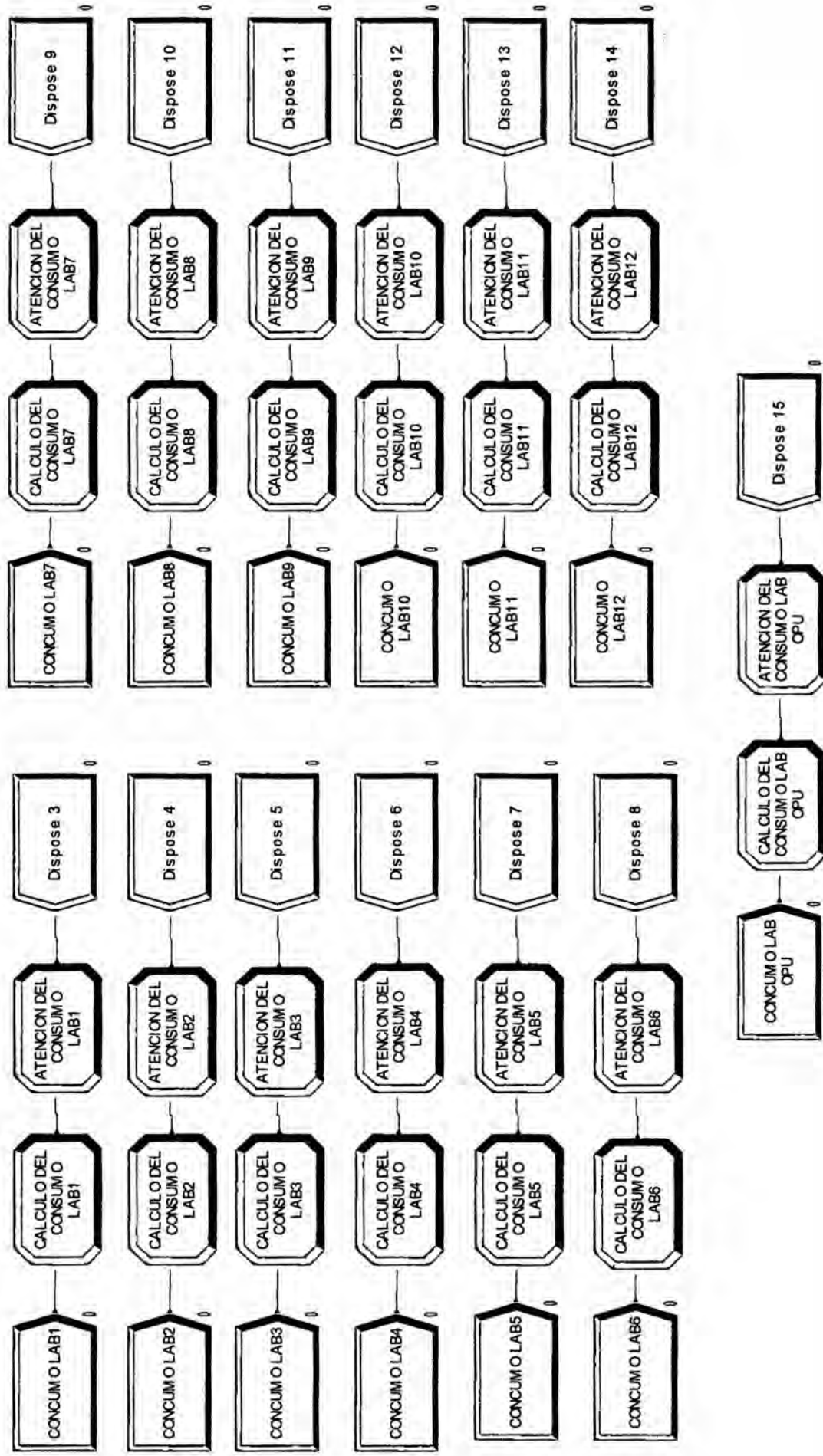
# PROCESO DEL CÁLCULO DE LA COMPRA DE LOS RECURSOS DENTRO DE LA FACULTAD



# PROCESO DE LA COMPRA DE LOS RECURSOS FUERA DE LA FACULTAD



# PROCESO DEL CÁLCULO DEL CONSUMO DE LOS RECURSOS DENTRO DE LA FACULTAD





**NIVEL DE INVENTARIOS DE LOS REACTIVOS EN LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD**

**REACTIVOS EN LAB1**

0

**REACTIVOS EN LAB2**

0

**REACTIVOS EN LAB3**

0

**REACTIVOS EN LAB4**

0

**REACTIVOS EN LAB5**

0

**REACTIVOS EN LAB6**

0

**REACTIVOS EN LAB7**

0

**REACTIVOS EN LAB8**

0

**REACTIVOS EN LAB9**

0

**REACTIVOS EN LAB10**

0

**REACTIVOS EN LAB11**

0

**REACTIVOS EN LAB12**

0

En la segunda fase de la segunda etapa:

El diagrama de flujo que se desarrolla en la fase 1 se convierte en fórmulas algebraicas y se hace la respectiva simulación para conocer las variaciones.

(Morecroft, 2007)

En esta fase trabaje con el software Arena:

### **3.2.2.1.1 Software de Simulación Arena**

#### **3.2.2.1.1 Introducción**

Introduciremos una herramienta de simulación, Arena. Esta se ubica en lo que definimos como sistema de simulación y permite, en un ambiente gráfico de Windows, modelar gran cantidad de sistemas y realizar simulaciones obteniendo resultados y analizando los mismos para facilitar la toma de decisiones.

Arena es un ambiente completo de desarrollo de simulaciones. Provee la capacidad de generar modelos, generar datos aleatorios como entradas, correr los modelos bajo una serie de condiciones parametrizables, generar animaciones, generar reportes estándares y personalizados, comparar distintos modelos, buscar optimización de modelos e integrar todo el proceso con las aplicaciones más usadas del mercado como Microsoft Office, bases de datos y lenguajes de programación. Kelton et al (2007) dice: "Arena combina la facilidad de uso de un sistema de

desarrollo de alto nivel con la flexibilidad de los lenguajes de simulación y hasta con lenguajes de propósito general como Visual Basic o C...".

La facilidad de uso lograda por Arena tiene como característica principal su interface gráfica que es intuitiva e integrada para todos los posibles usos de la aplicación. En la figura adjunta vemos su pantalla principal, donde encontramos las secciones principales de la misma.

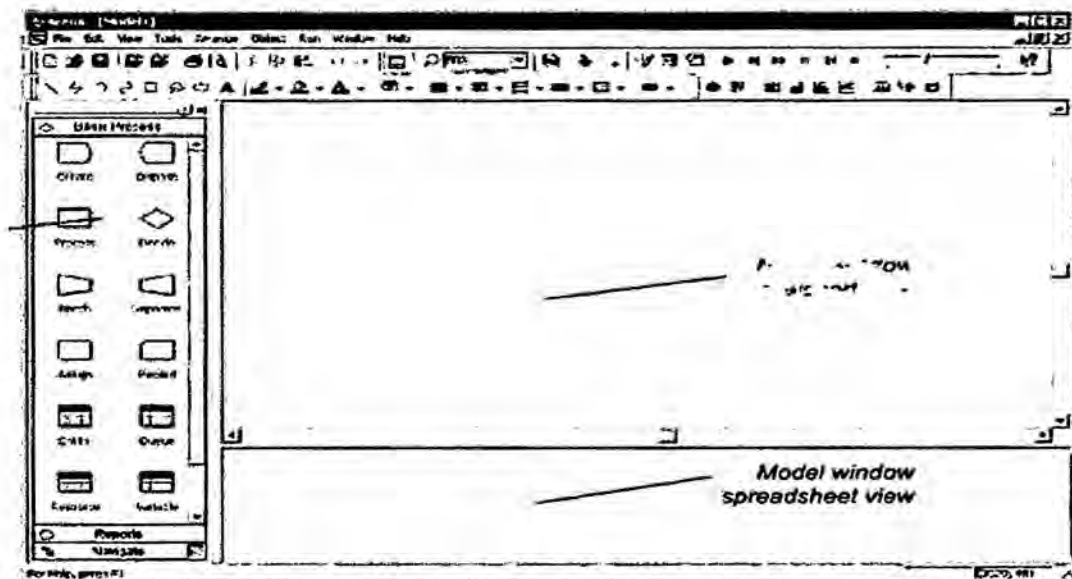


Figura 3.1.- Pantalla principal de Arena-Software Arena

Sobre la derecha de la ventana encontramos las vistas generales del modelo. En esta área de trabajo se genera el modelo y la simulación. En la sección superior de la misma está la parte gráfica donde el diagrama de flujos del modelo y la animación se pueden ver y trabajar. En la inferior encontramos un área de datos que nos permite editar las propiedades de cualquier módulo seleccionado. A la izquierda de la ventana encontramos la barra de proyecto, en ella encontramos distintas pestañas que controlan todos los aspectos de una simulación. Los

módulos que representan los distintos procesos en un modelo se encuentran ordenados por clase dentro de paneles representados en las pestañas. Desde allí el usuario los toma para agregarlos a un modelo en desarrollo. Ahí podemos generar vistas personalizadas que nos llevan directamente a áreas predefinidas del modelo lógico o la animación.

Arena funciona construida sobre el lenguaje de programación para simulaciones SIMAN. Esto proporciona una combinación de facilidad de uso por su interfaz y la versatilidad de un lenguaje de programación, pero esta combinación se explota de manera más interesante para el usuario gracias a su estructura jerárquica. Esta estructura permite armar construcciones de nivel bajo y combinarlas para formar una complejidad y funcionalidad mayor que se inserta en una estructura de un nivel superior en la jerarquía, dando facilidad de uso y mayor nivel de abstracción. Esto permite al usuario básico usar construcciones de alto nivel sin la necesidad de conocer cómo funciona internamente y al usuario experimentado generar nuevos comportamientos y funcionalidades. De la misma manera el sistema trae incluidas construcciones de casi todos los niveles para dar una muy alta flexibilidad a los modelos sin la necesidad de codificar para generarlos.

En la figura 4.1 vemos un esquema que muestra los distintos niveles de la estructura jerárquica de Arena. En el nivel más alto se encuentran los templates, estas son las construcciones de mayor complejidad que pueden ser creadas por los usuarios o ser incluidas en Arena.

Normalmente representan comportamientos específicos generados para una industria o compañía en particular.

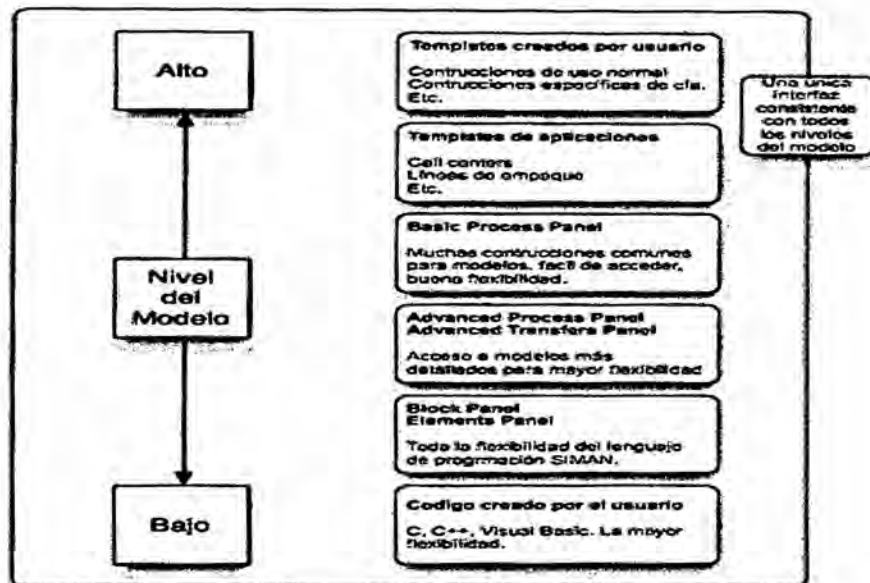


Figura 3.2.- Estructura jerárquica de Arena. Kelton et al (2007)

Luego de los templates en la escala jerárquica de Arena, encontramos a los paneles. Estos contienen módulos con cierto nivel de complejidad que son comunes a gran cantidad de modelos y sirven como elementos básicos para la construcción de los mismos. El Basic process panel contiene módulos que permiten armar gran cantidad de modelos y está destinado a los usuarios que recién comienzan a utilizar Arena ya que están pensados para recolectar los comportamientos más utilizados en simulaciones en general sin necesitar demasiado desarrollo. En un nivel aún más bajo encontramos a los Blocks y los Elements, estos módulos son espejos directos del lenguaje SIMAN. Y por tanto son los que mayor flexibilidad de uso presentan, pero al mismo tiempo son los más

complejos de utilizar y requieren de usuarios con mayores conocimientos.

Una de las grandes ventajas de Arena es la posibilidad de anexar código de lenguajes de programación tradicionales a nuestros modelos. Esta es la máxima libertad para un desarrollador, una combinación muy poderosa con un ambiente de alto nivel como el que estamos estudiando.

#### **3.2.2.1.2. Modelos en Arena**

Los modelos en Arena, pueden construirse en base a una gran cantidad de módulos de distinto valor funcional.

Un modelo está compuesto por distintos módulos, estos se clasifican, a su vez, en tres tipos, los procesos, los datos y la animación. Tomando instancias de cada uno de ellos como bloques o átomos constructivos podemos generar la lógica que necesitamos modelar.

Kelton et al (2007) recomiendan al usuario siempre tener una aproximación desde arriba hacia abajo a la hora de elegir los módulos a utilizar.

##### **3.2.2.1.2.1. Procesos**

Los procesos (o Flowchart Modules, módulos de flujo) son los módulos de Arena que describen el comportamiento dinámico de los Modelos. A través de ellos, las entidades recorren el modelo realizando las operaciones detalladas. Según Kelton et al (2007) son los nodos del

diagrama de flujo por los cuales las entidades pasan, se originan o salen del modelo.

Las entidades son los elementos del modelo que simulan los distintos tipos de unidades que se encuentran en el sistema y son afectadas por el mismo. Por ejemplo, si un sistema fuera un negocio de venta minorista y estuviese representado por un vendedor que puede atender a un cliente a la vez y el objetivo del sistema es atender clientes que entran, son atendidos y salen del local, los clientes serían las entidades (ver figura 3.2). Y para poder simular este sistema necesitamos generar clientes simulados que lleguen a este imitando la llegada de personas a un negocio. Es por eso que existen módulos que crean entidades.

El parámetro que controla el tiempo entre la creación de una entidad y la próxima, es fundamental en el módulo Create, ya que será el encargado de imitar el comportamiento del mundo real respecto al arribo de entidades al sistema. Generalmente, en los modelos que no usan directamente datos históricos para reproducir situaciones pasadas, se debe definir el patrón de arribo de entidades al sistema en forma de una distribución probabilística.

Para esto es clave poder analizar los datos históricos del sistema o tener acceso a realizar observaciones e investigaciones que nos permitan adaptar las muestras tomadas de la realidad a una distribución probabilística. Esta será usada para generar aleatoriamente los tiempos entre el arribo de una entidad y el arribo de la próxima.

Luego de creadas, las entidades atraviesan el modelo o diagrama de flujos ejecutando la simulación según los módulos o procesos que se encuentren en su camino. Estos módulos “atravesables” por las entidades pueden tener distintos objetivos, pero básicamente están para dar al modelo los distintos comportamientos que imitan al sistema real. Una vez que las entidades recorren el modelo tienen que salir de él y ser destruidas. En este momento se aprovecha para registrar varias estadísticas sobre la entidad y ajustar los acumuladores estadísticos adecuados.

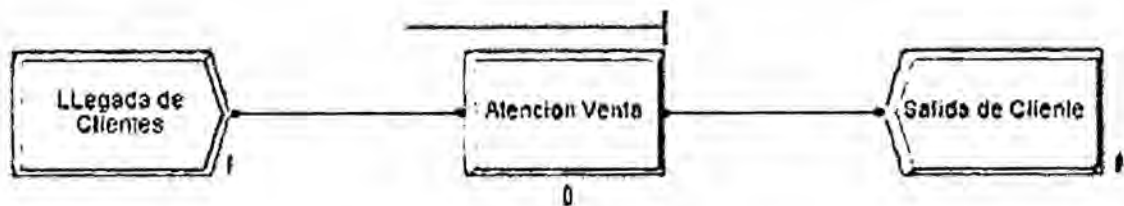


Figura 3.3 Modelo simple de Arena

#### 3.2.2.1.2.2. Datos

No todos los componentes necesarios para la lógica de un modelo pueden ser representados en el diagrama de flujos. Es por eso que existen otro tipo de módulos que permiten representar estos componentes. Para esto existen los módulos de datos, que se usan para representar algunos elementos de la simulación y algunas características de procesos. También sirven para definir variables y otros valores numéricos, como expresiones matemáticas y lógicas. Kelton et al (2007) dice que así como los procesos están plasmados en el modelo



visualmente, los módulos de datos están “detrás de escena” haciendo un trabajo igualmente importante. En las próximas secciones describiremos en detalle los módulos de datos más importantes, pero para darnos una idea más concreta, estos pueden ser quienes definen las entidades y sus atributos, los recursos, las colas, y otros elementos. Otra diferencia con los procesos es que no puede haber más de una instancia de cada módulo de datos, y en lugar de eso, pueden albergar distintos datos en cada uno. Es decir, en el módulo colas vamos a encontrar todas las colas del sistema y ellas se relacionan con los módulos de procesos a través del nombre (tienen el mismo nombre).

#### **3.2.2.1.2.3. Animación**

La última, pero no menos importante, parte del modelo es la animación. A pesar de que ésta no cumple una función en la lógica o los resultados de la simulación, tiene razones fundamentales para existir. La animación da visibilidad al modelo, permite comunicar el proceso de simulación de manera mucho más efectiva que los diagramas y los datos. Es por eso que se usa para explicar y presentar el modelo a aquellos que no están vinculados a la producción del mismo, incluyendo a quienes encarga el modelo y se benefician con sus resultados. También quienes desarrollan el modelo usan la animación para entender el modelo y examinarlo rápidamente. En el proceso de verificación del modelo la animación es muy útil y permite trabajar juntos a los expertos en simulación y los expertos en el sistema real.

En el modelo, podemos agregar visibilidad a casi todos sus componentes a través de la animación. Las entidades pueden representarse por gráficos que pueden ser simples como círculos de colores o complicados como fotografías de lo que se representa. También pueden verse las colas que hacen las entidades a la espera de recursos o mostrarse el recurso con su representación gráfica y las modificaciones que realiza sobre las entidades. Además se pueden representar las variables para poder seguir la evolución de las mismas, así como generar gráficas a partir de ellas u otros datos o estadísticas que lleva el sistema. La animación es una herramienta muy potente y da versatilidad a la simulación y permite que ésta sea comprendida por una audiencia mayor.

#### **3.2.2.1.3. Ejecución de una simulación**

Una vez generado el modelo es muy simple correr la simulación en Arena, sin embargo por su flexibilidad existen varios aspectos a tener en cuenta y opciones a tomar dependiendo del objetivo que tenga la corrida. Un aspecto clave a considerar a la hora de correr una simulación es la definición de una condición de terminación. Esto significa que si uno no especifica de manera explícita la condición o condiciones que deben darse para que el experimento termine, éste seguirá indeterminadamente. Estas condiciones tienen que ver con el objetivo del experimento y generalmente tienen que ver con el tiempo. O puede

ser que se busque entender el comportamiento durante una semana y ese será el tiempo simulado.

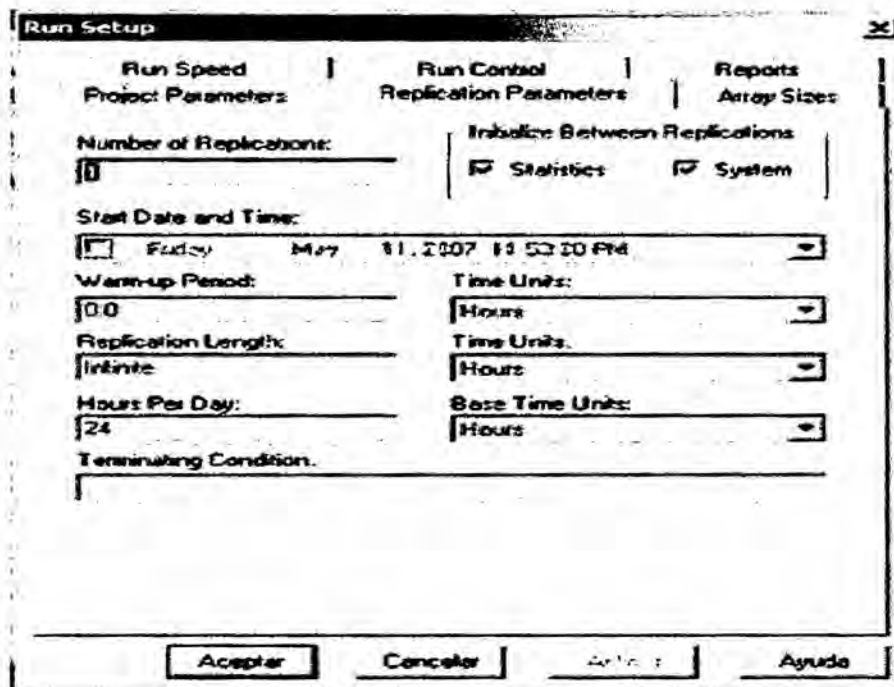


Figura 3.4 Parametrización de corridas en Arena- Software Arena

También existen situaciones en las que no es el tiempo el determinante del fin de una simulación, sino una condición del estado del sistema o sus variables, o el cumplimiento de una meta cuantitativa del proyecto. Siempre se debe, previo a correr una simulación, definirse la condición de terminación. Arena permite configurar el modelo para especificar estas condiciones de manera simple. En un menú creado a tal efecto (figura 3.4) se ingresan todos los parámetros respecto a la terminación de la misma, sea por tiempo o por una condición, que permite usar una interfaz gráfica para generar expresiones lógicas y matemáticas.

Otro parámetro clave para correr un modelo es el número de réplicas que se harán del modelo. Es muy importante que los resultados de una simulación sean analizados estadísticamente y no tomados como una verdad o como una observación del sistema real. Si estamos usando el modelo para tomar una decisión sobre el resultado de correr el experimento una vez, probablemente cometamos un error, ya que éste puede estar afectado por valores que salen de lo usual del sistema real. En cambio, lo recomendable es realizar un número de simulaciones y analizar los resultados de todas las simulaciones con técnicas estadísticas para obtener medias y promedios que se aproximen a la realidad del sistema y nos ayuden a evitar los sesgos que una u otra corrida puedan mostrar debido a los efectos de la generación de números aleatorios en las entradas. Arena prevé que se ingrese la cantidad de réplicas deseadas del experimento. Permite también, recolectar estadísticas en cada réplica de forma independiente o mantener el estado del sistema y las variables al fin de cada una para acumularlas y pasarlas al comienzo de la próxima obteniendo una serie de experimentos concatenados entre sí. Esto es importante y se ve en la figura 3.4 como los dos tildes de "System" y "Statistics" encuadrados en inicializar réplicas. Existen razones para dejar uno o ambos tildes vacíos, pero para que los resultados de la simulación de cada réplica sean estadísticamente independientes y distribuidos idénticamente (IID) debemos tildar ambas opciones. Recordemos que ésta es una condición necesaria para poder analizar estadísticamente los resultados usando

técnicas estándar de inferencia estadística. Desde este menú también se eligen las unidades de tiempo en las que se va a medir todo el sistema para hacer referencias (ver figura 3.4).

Luego de elegir las condiciones de la simulación hay que correr el experimento propiamente dicho. Para esto existen una serie de opciones según el objetivo de la corrida específica. Luego de armar un modelo, al igual que un programa escrito en un lenguaje tradicional, hay que chequear si el modelo corre sin errores.

#### **3.2.2.1.3.1. Reportes de una simulación**

En Arena, al final de una simulación se genera un reporte con los resultados de la misma, éste es accesible desde la barra de proyecto en la pestaña "Reports" (ver figura 4.4). Haciendo un clic allí se descubre el árbol jerárquico que contiene la tabla de contenidos del reporte. Durante la simulación, Arena genera una base de datos con todos datos de la misma.

El reporte de la simulación de Arena se genera tomando ese archivo, que permite gran versatilidad y una excelente presentación de los mismos. Además, esto permite que los reportes sean exportados a los formatos más usados de procesadores de texto y planillas de cálculo.

En la figura 3.5 vemos el menú de configuración de la corrida de la simulación donde debemos marcar aquellos módulos de los que queremos que se recolecten los datos. Como vemos, tenemos muchas

partes estándar de todo modelo en este menú, tales como: entidades, recursos, colas y procesos.

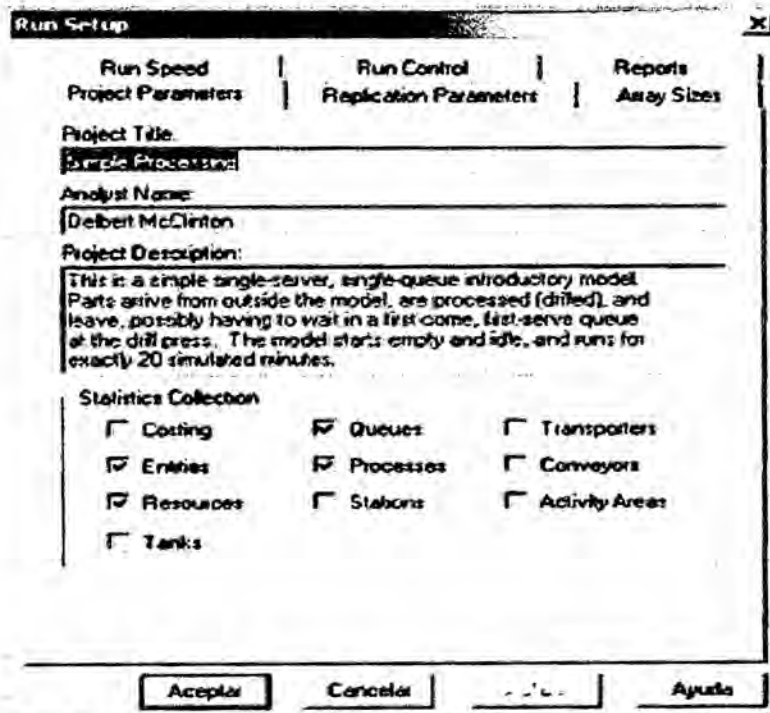


Figura 3.5 Elección de recolección de estadísticas en Arena-Software Arena

De cada uno de los datos generados por Arena para su reporte se calculan el promedio, el máximo, el mínimo y el desvío para un intervalo de confianza del 95%. Para que este último dato pueda ser calculado por Arena se debe correr más de una réplica del modelo, de otra forma, si sólo corremos una réplica, el reporte estará completo con todos los datos salvo ese, donde tendremos un mensaje que dice insuficiente.

El dato más importante en cada caso, que nos servirá para conocer el comportamiento del sistema modelado y que, en la mayoría de las oportunidades, nos servirá de base para contestar las preguntas que nos llevaron a realizar el experimento de simulación, es sin duda el promedio por sobre máximo y mínimo. Por otra parte, el intervalo de confianza nos

servirá para tener una estimación de la precisión del promedio respecto al nivel de aleatoriedad del modelo comparado con el sistema real.

Como mencionamos antes, Arena tiene un comportamiento particular respecto al intervalo de confianza del 95% que presenta. Ya que sólo lo hace si hacemos más de una réplica de la simulación. Esto tiene que ver con qué es y cómo se calcula el intervalo de confianza en Arena. Una observación bastante obvia es que un valor promedio de una simulación se calcula para conocer cómo el sistema real modelado se comporta respecto a ese valor y la idea de que si realizamos más de una réplica de la simulación, dado que tenemos valores aleatorios en la entrada ese valor cambia entre una y otra. Entonces, si tomamos el valor promedio entre las réplicas tendremos un valor más cercano al "valor típico" generado por el sistema real, y que mientras más réplicas tengamos, el promedio se hará tomando más valores y por ende será aún más cercano al generado por el sistema real. Esto se relaciona con el intervalo de confianza, ya que mientras más réplicas estemos tomando para nuestro experimento éste será más pequeño. Esta noción proviene de la idea de que el promedio esperado de un valor (normalmente denominado  $\mu$ ) es aquel que surge del promedio de los valores generados por un número infinito de réplicas, y que por esto, este valor no tendrá ningún grado de incertidumbre asociado. Pero como realizar infinitas réplicas es inviable, el intervalo de confianza de 95% es aquel que nos permite pensar que existe un 95% de probabilidad de que ese valor esperado  $\mu$  estará contenido en el intervalo. El 5% restante es el

grado de incertidumbre y mientras el intervalo sea más pequeño nos dará más seguridad sobre el uso del valor promedio. Según Kelton et al (2007) "...un intervalo de confianza nos da un estimado de  $\mu$ , así como una idea de cuán preciso es este estimado."

Todo esto está basado en cálculos que realiza Arena utilizando teoría de estadística clásica y por eso es fundamental que las réplicas realizadas en el experimento sean IID.

#### **3.2.2.1.4. Análisis de entradas con Arena**

Para desarrollar un modelo en Arena debemos realizar el diagrama de flujos que representa al modelo en sus aspectos estructurales y funcionales, es por eso que a ésta parte del desarrollo se la llama modelado estructural (structural modeling), pero también existen otros elementos en el modelo que deben ser definidos para obtener una representación fiel del sistema real. Estos otros elementos suelen ser de naturaleza matemática o numérica y por eso a esta parte del desarrollo se la denomina modelado cuantitativo (quantitative modeling), y es tanto o más importante que el modelado estructural.

Entre las partes más importantes de esta última actividad encontramos la definición de cómo es el proceso de arribo de entidades al sistema o de cómo se comportan los recursos respecto al tiempo que tardan en realizar una tarea, o cuál es el nivel de servicio de un recurso y por ende cómo es su patrón de fallas. Todos estos aspectos son clave en un



modelo, ya que son estos quienes van a determinar si el comportamiento del mismo se parece o no, y cuánto, al sistema real.

Para poder realizar esta tarea, el primer paso es siempre buscar datos del sistema real. Ya sean datos históricos o documentos de especificaciones si es que el sistema no ha sido construido.

Las distribuciones probabilísticas pueden ser clasificadas en dos categorías fundamentales, las teóricas y las empíricas. Las primeras están basadas en funciones matemáticas, mientras que las segundas dividen los datos de la muestra en grupos y calculan los valores de proporción en cada grupo. Asimismo, estas pueden ser divididas en discretas y continuas. Las continuas tienen un valor de salida para cada valor del conjunto de los números reales de la entrada. Las discretas solo tienen valores de salida para entradas del conjunto de los números enteros. Arena permite cualquier combinación de estos tipos en la distribución a generar.

Es muy difícil saber cuándo estos valores son aceptables, ya que muchas veces son muy parecidos entre sí y ninguno es determinadamente claro por lo cercano a los límites mayores. Entonces debemos optar por seguir buscando cuál de las distribuciones teóricas está más cerca de nuestras necesidades o pasar a generar una empírica. Para tomar esta decisión no existe una regla dada, pero durante el proceso de comparación y ajuste de los datos obtenidos con las diversas distribuciones podemos advertir si alguna de las teóricas es lo suficientemente ajustada como para usarse en lugar de nuestros

datos. Si esto no ocurre será mejor optar por una empírica, para lo cual podemos seleccionar una discreta o una continua.

En primer lugar, debemos seleccionar entre las distribuciones posibles teniendo en cuenta si éstas tienen límites o no, es decir, si una de ellas puede arrojar valores para cualquier entrada hasta el infinito, aunque sean los valores con menor posibilidad de aparecer, si lo hacen y esto es un comportamiento imposible de observar en el sistema real, debemos inclinarnos por la que tiene límites. En segundo lugar, debemos considerar los parámetros de las distribuciones, hay algunas que son fáciles de comprender y por ende configurar y otras que son más complejas, es preferible elegir la menos compleja. Por último, podemos hacer un simple análisis de sensibilidad corriendo el modelo con ambas distribuciones para ver si los resultados son significativamente distintos.

#### **3.2.2.1.5 Búsqueda de un escenario óptimo**

En la sección anterior vimos cómo a partir de escenarios creados por el usuario podemos comparar los y obtener conclusiones sobre la diferencia de los mismos. O sea, podemos darnos cuenta de cuál de los escenarios es mejor para nuestro objetivo, pero no sabemos si existen mejores en el universo de posibles escenarios.

Para esto, Arena provee una herramienta que usa técnicas avanzadas de búsqueda en el espacio de posibles configuraciones del sistema para encontrar una cuasi óptima. Normalmente, cuando se desarrolla un

modelo para simular distintos escenarios, encontramos una serie de parámetros a configurar en mismo. Estos son los que tomarán distintos valores para dar lugar a los nuevos escenarios. En general, estos parámetros están compuestos por una serie de variables del modelo. Es por eso que el trabajo de estas técnicas de búsqueda heurística, permiten encontrar una configuración que dé una respuesta cuasi óptima buscando eficientemente sin la necesidad de tomar el tiempo computacional necesario para evaluar todas las posibles opciones.

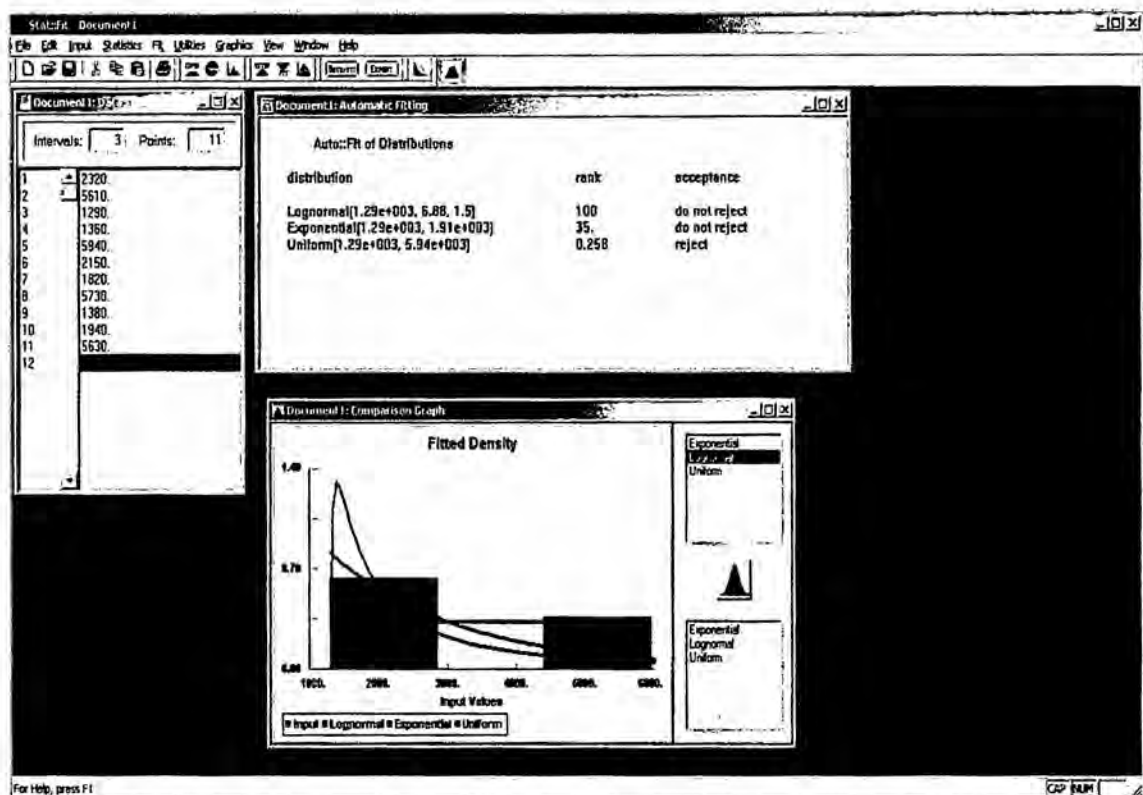
Una vez hecho esto, debemos poner algunas restricciones sobre los controles, para acotar el espacio de búsqueda, y especificar de qué manera se vuelve óptimo el resultado. Por ejemplo, minimizando o maximizando un resultado. Con todas estas condiciones el programa comienza a realizar la búsqueda generando automáticamente configuraciones y realizando las simulaciones para obtener los resultados, avanzando hacia los mejores en busca del óptimo. El sistema detiene automáticamente la búsqueda cuando considera que los sucesivos cambios que se generan en la configuración no mejoran sensiblemente el resultado de la simulación. Así la configuración que se obtiene no va a tener garantías de ser la óptima, pero sin duda estará entre las mejores que puede dar el sistema.

### 3.3 Desarrollo del modelo de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química con el software Arena.

Así desarrollamos el modelo con uso del software ARENA, como se muestra a continuación:

#### 1.- Análisis de la data de entrada:

En esta etapa con el uso del software Arena, para poder trabajar analizamos la data de entrada y obtenemos tres distribuciones para el análisis la lognormal, la exponencial y la distribución uniforme. De acuerdo a los datos obtenidos escogemos para el análisis de la data la lognormal, como se muestra en la figura.



2.- En la data a trabajar hacemos el estudio del consumo del Hidróxido de sodio de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química

Attribute - Basic Process					
	Name	Rows	Columns	Data Type	Initial Values
1	CANTIDAD			Real	0 rows
2	NUMORD			Real	0 rows
3	TIPO			Real	0 rows
4	NUMERO			Real	0 rows
5	CONS1			Real	0 rows
6	CONS2			Real	0 rows
7	CONS3			Real	0 rows
8	CONS4			Real	0 rows

Double-click here to add a new row.

3.- Atributos utilizados en el modelo, usando el software de simulación ARENA.

Entity - Basic Process									
	Entity Type	Initial Picture	Holding Cost / Hour	Initial VA Cost	Initial NVA Cost	Initial Waiting Cost	Initial Tran Cost	Initial Other Cost	Report Statistics
1	DEMECA	Picture Report	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>
2	DEMEQBA	Picture Report	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>
3	DEMEQPE	Picture Report	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>
4	DEMMAT	Picture Report	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>
5	ACT	Picture Report	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>
6	CL1	Picture Report	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>
7	CL2	Picture Report	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>
8	CL3	Picture Report	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>
9	CL4	Picture Report	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>
10	CL5	Picture Report	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>
11	CL6	Picture Report	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>
12	CL7	Picture Report	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>
13	CL8	Picture Report	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>
14	CL9	Picture Report	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>
15	CL10	Picture Report	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>
16	CL11	Picture Report	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>
17	CL12	Picture Report	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>

Double-click here to add a new row.

4.- Entidades utilizadas en el modelo, usando el software de simulación ARENA.

Queue - Basic Process				
	Name	Type	Shared	Report Statistics
1	CONSOLIDACION ORD REACT.Queue	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	CONSOLIDACION ORD EQP BAS.Queue	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	REVISION DE ORDENES 1.Queue	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	REVISION DE ORDENES 2.Queue	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	CONSOLIDACION ORDENES.Queue	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	AUTORIZACION DE DECANATO.Queue	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	APROBACION DE OGA.Queue	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	APROBACION DE PLANIFICACION.Queue	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	RECEPCION EN ALMACEN.Queue	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	CONSOLIDACION DE MATERIALES.Queue	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Double-click here to add a new row.

5.- Colas de espera

Resource - Basic Process									
	Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Statistics
1	JEFE LABORATORIOS	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
2	JEFE LAB OPU	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
3	DECANO	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
4	OGA	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
5	PLANIFICACION	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
6	ALMACENERO	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>

Double-click here to add a new row.

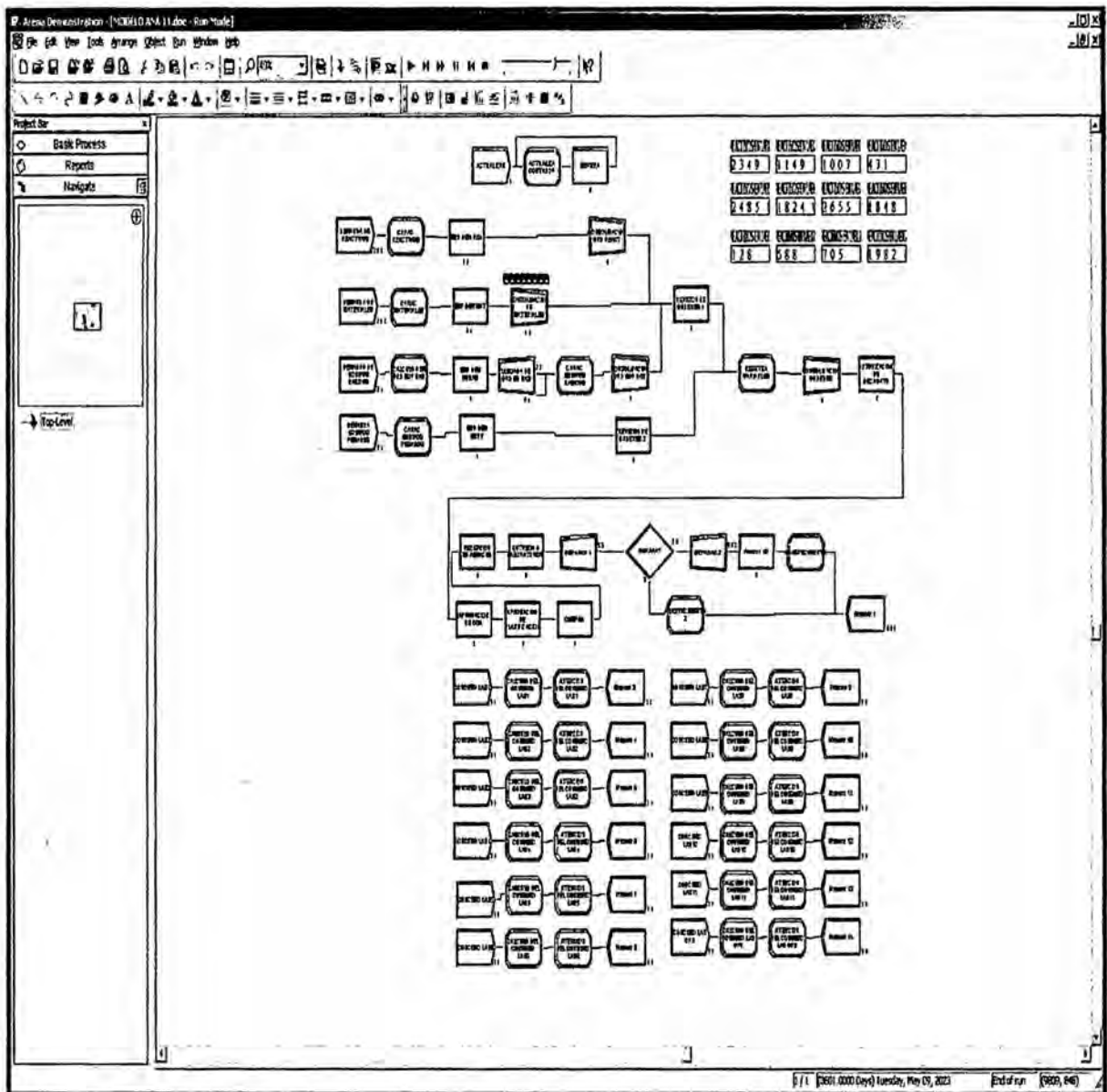
6.- Recursos usados en al modelación mediante el software Arena.

Variable - Basic Process								
	Name	Rows	Columns	Data Type	Clear Option	File Name	Initial Values	Report Statistics
1	NUMERO1			Real	System		0 rows	<input type="checkbox"/>
2	NUMERO2			Real	System		0 rows	<input type="checkbox"/>
3	NUMERO3			Real	System		0 rows	<input type="checkbox"/>
4	NUMERO4			Real	System		0 rows	<input type="checkbox"/>
5	NUMERO5			Real	System		0 rows	<input type="checkbox"/>
6	RECURSO	6	12	Real	System		72 rows	<input type="checkbox"/>
7	RECOPI			Real	System		1 rows	<input type="checkbox"/>
8	MINIMO	12		Real	System		12 rows	<input type="checkbox"/>
9 ▶	MAXIMO	12		Real	System		12 rows	<input type="checkbox"/>

Double-click here to add a new row.

## IV. RESULTADOS

En el trabajo de investigación realizado, el objetivo es presentar la simulación de la cadena de suministro en la gestión de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química, para lograr este objetivo, hicimos uso del software Arena para la obtención de los resultados se muestra los resultados de la corrida.

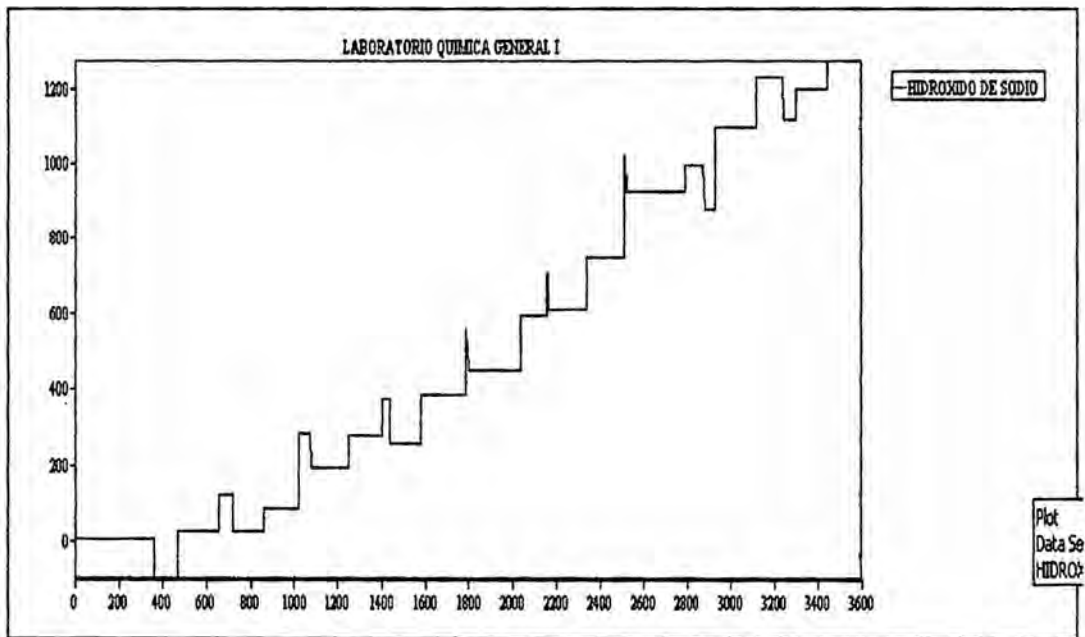
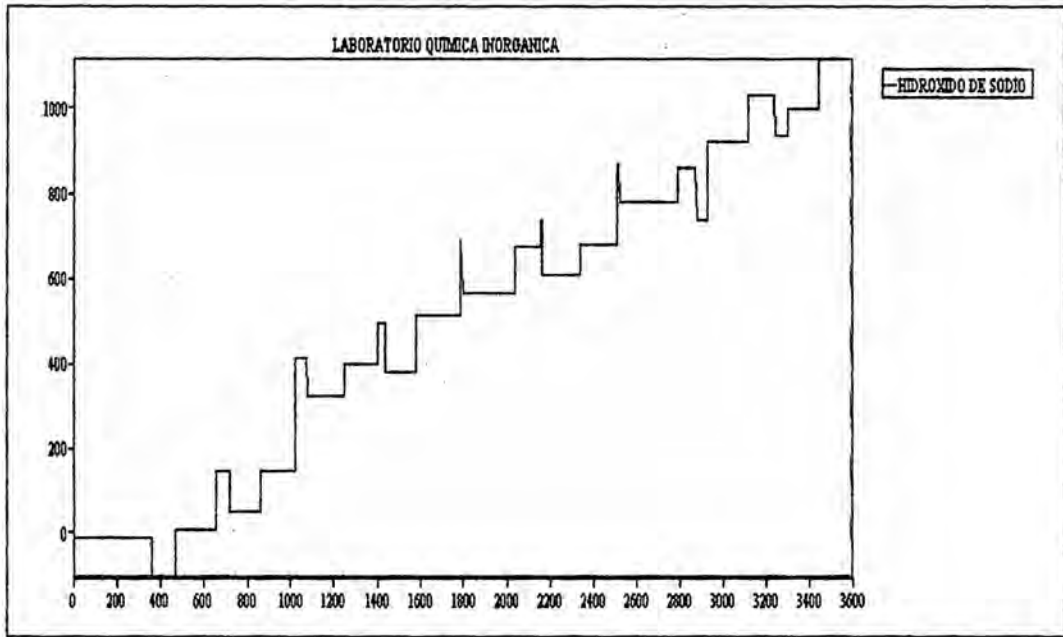


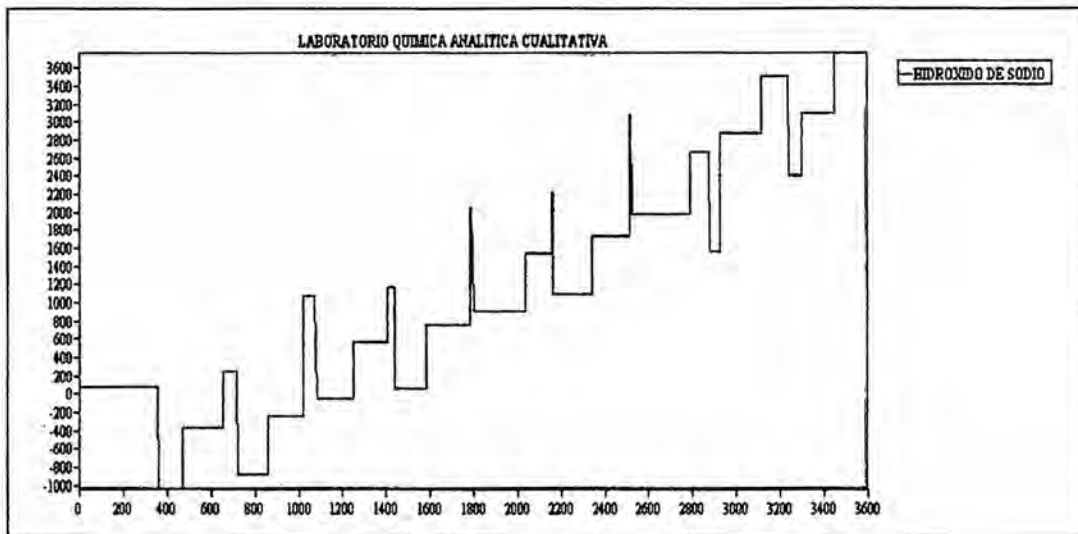
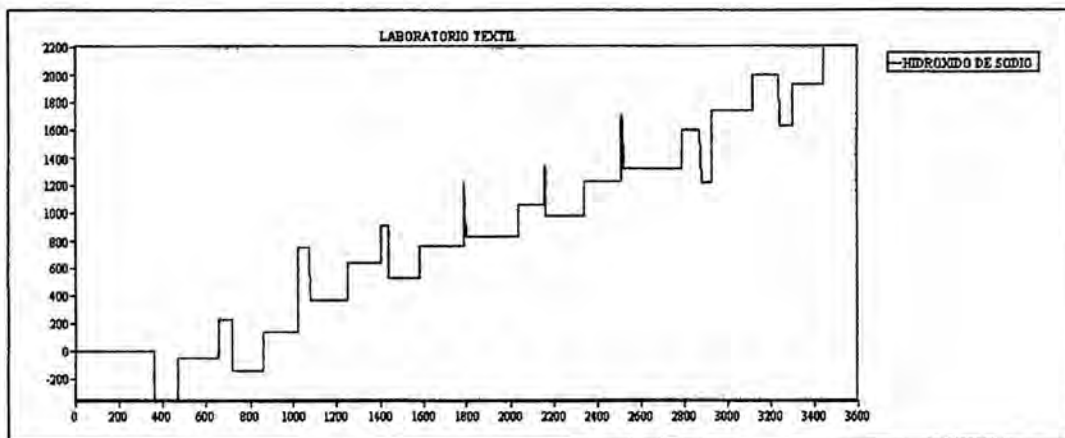
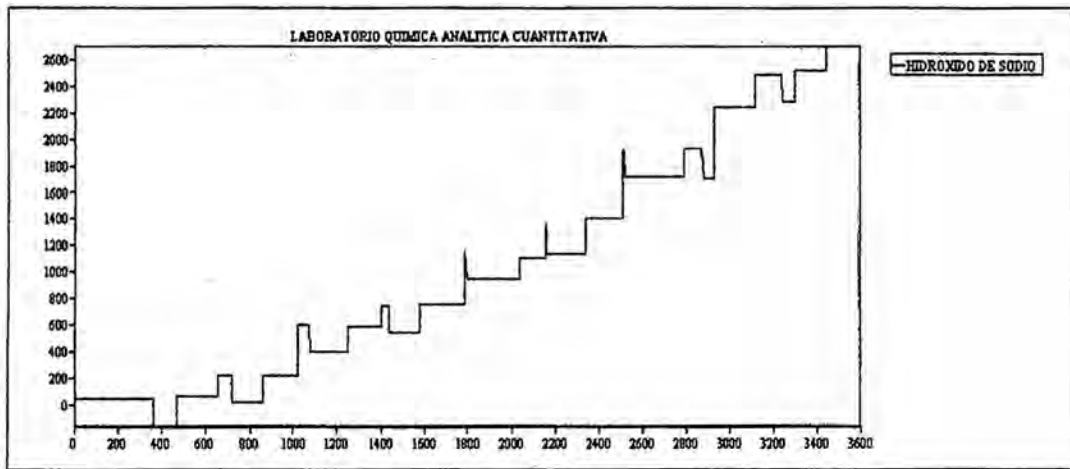


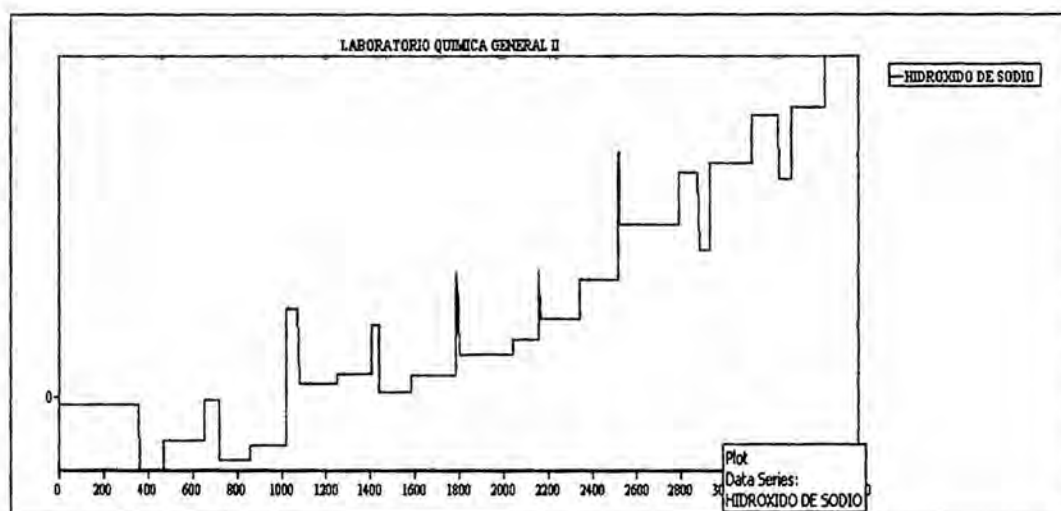
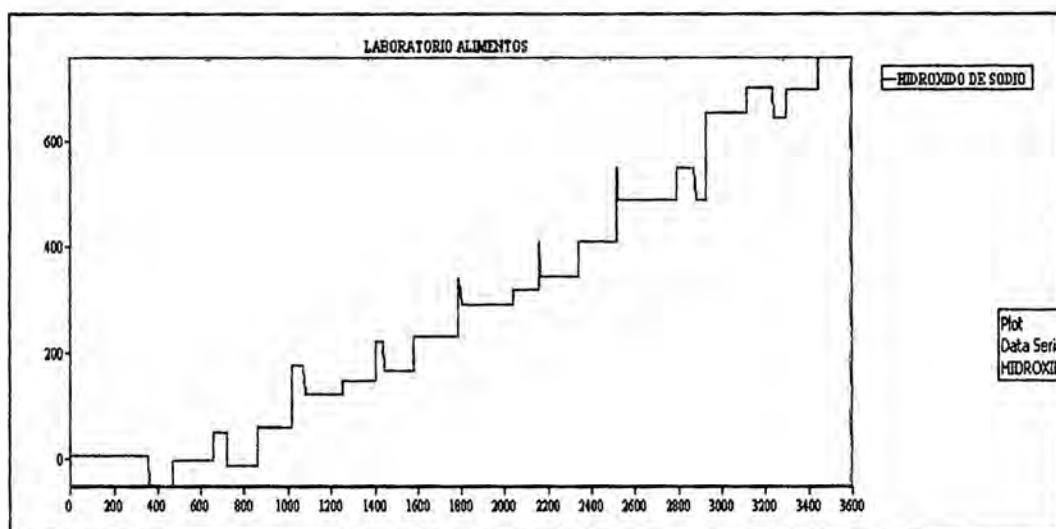
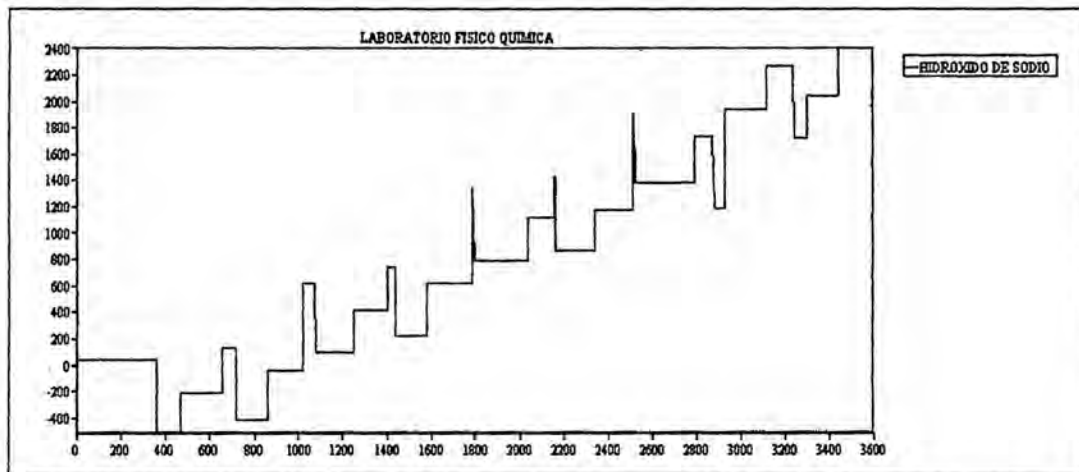
Se presenta los resultados de la simulación de una forma detallada iniciando con las variables intervinientes en la corrida, indicando el máximo y mínimo valor; las variables discretas elegidas, consolidación de materiales, aprobación de planificación, revisión de órdenes, autorización del decanato, consolidación de orden de reactivos, de equipos vascos, aprobación de OGA, recepción de almacén consolidación de ordenes hasta la revisión de órdenes.

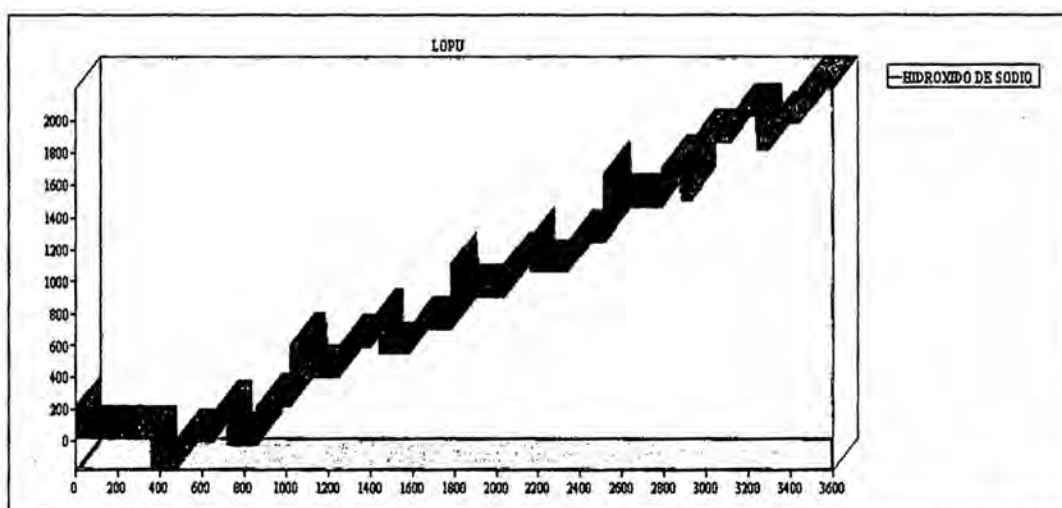
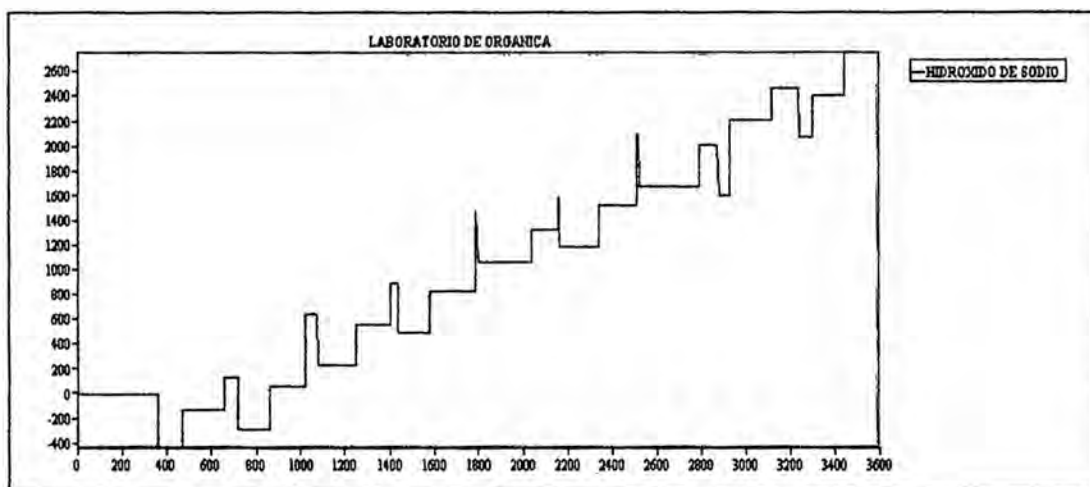
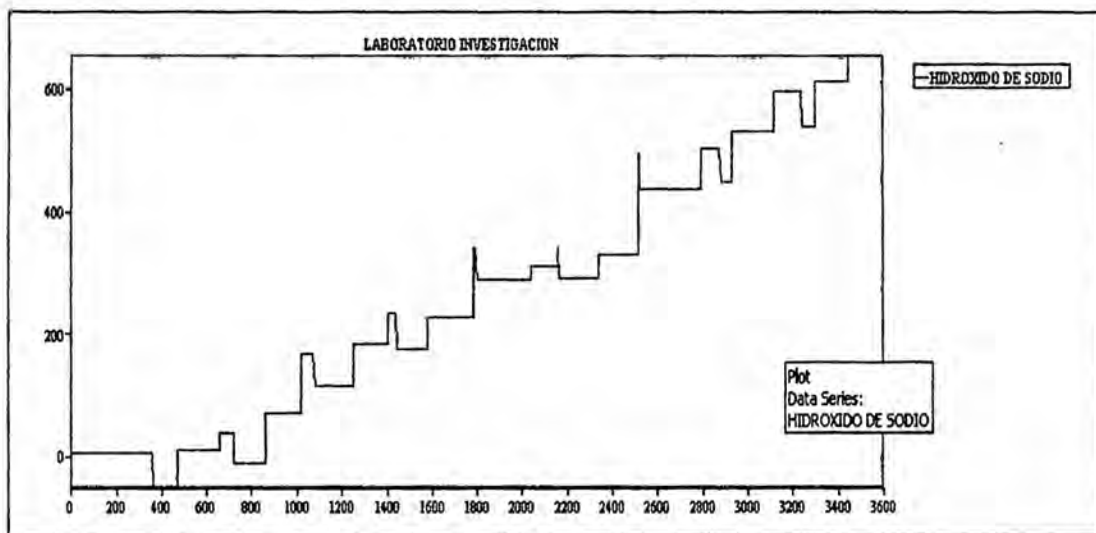
De acuerdo a los resultados que se presentan se observa que La cantidad de recursos en inventario puede optimizarse cambiando el modelo de gestión.

Se muestran además los resultados de las corridas de los diferentes Laboratorios de la Facultad de Ingeniería química, mostrándose el estudio del reactivó Hidróxido de sodio utilizados en los laboratorios, lo cual es mostrado a continuación:









## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- 1) En el presente trabajo de investigación al comparar con otros autores mencionados en el marco teórico de acuerdo a sus resultados, se ve claramente que uno de los grandes problemas en la cadena de suministro es el gran tamaño de los inventarios, con el presente trabajo de investigación estamos logrando el tamaño de los inventarios de: reactivos, equipos e instrumentos en un horizonte de largo de tiempo (10 años). En este modelo solo se consideró el comportamiento en la cadena de un solo reactivo el Hidróxido de sodio.
- 2) En el resultado de inventarios obtenidos en la simulación, se observa que para un estudio del comportamiento en los próximos 10 años en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química, sobre los reactivos, una tendencia de acumulación en los almacenes de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química.

<b>Hidróxido de sodio</b>	<b>Cantidad 10 años /grs</b>
Laboratorio General I	1 149
Laboratorio Química Inorgánica	1 007
Laboratorio Tratamiento de aguas	471

Laboratorio Cuantitativa	2 485
Laboratorio Textil	1 824
Laboratorio Cualitativa	2 655
Laboratorio Físico Química	2 349
Laboratorio Química General II	1 982
Laboratorio Alimentos	705
Laboratorio Investigación	588
Laboratorio Orgánica	1 848
LOPU	128

- 3) En el resultado de inventarios obtenidos en la simulación, se tiene que para un estudio del comportamiento en los próximos 10 años en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química, sobre los *equipos básicos* hay una tendencia constante de material en los almacenes de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química.
- 4) En el resultado de inventarios obtenidos en la simulación, se tiene que para un estudio del comportamiento en los próximos 10 años en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química, sobre los *equipos pesados*, determinados especialmente en el LOPU, hay una tendencia constante de material en los almacenes de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química, principalmente el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Facultad de Ingeniería Química.

5) En el estudio solo se ha detallado el comportamiento de la cadena dentro de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad del Callao.

## 5.1 CONCLUSIONES

1.- Al definir las variables a utilizar en el modelo, como inventarios, operarios, órdenes, tiempos y determinar los límites, la extensión de ésta cadena de abastecimiento de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química es desde los proveedores de materia prima, hasta los alumnos en sus respectivos laboratorios. Igualmente, se debe establecer con mucho cuidado el nivel de detalle con el cual se construye el modelo, de tal forma que refleje adecuadamente el comportamiento general de la cadena de suministros de los laboratorios sin caer en pormenores o datos demasiado precisos que poco aportan o que no son significativos en el comportamiento del sistema.

2.- En este trabajo de investigación, la información se presenta de la forma agregada, lo cual permitió observar más claramente los efectos que ocurren a nivel global en la cadena de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química. De esta forma, se pueden tomar más fácilmente decisiones de carácter estratégico.

3.- Con la realización del modelo, se analizó profundamente la estructura de la cadena de suministros los laboratorios de la Facultad de Ingeniería



Química, que está comprendida por los diferentes subsistemas y se logra identificar las relaciones más importantes entre las variables al interior y los efectos de cada una en el desempeño de la cadena relacionadas con el comportamiento de la demanda en materia prima, equipos, la utilización de la capacidad del laboratorio.

4.- El modelo propuesto se considera efectivo para la gestión de la cadena de suministros de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química, debido a que relaciona las variables relevantes como el efecto de la curva de experiencia en los laboratorios y el efecto que tiene sobre la capacidad de laboratorios, y permite evaluar los indicadores de forma integral. Esto ayuda a mejorar la toma de decisiones de capacidad instalada, costos y nivel de servicio.

5.- Al realizar evaluaciones y pruebas de escenarios, es importante analizar el comportamiento del modelo al modificar una sola variable a la vez como se observa en los escenarios de simulación progresiva para entender los efectos de la variable sobre el modelo y los resultados. Sin embargo, es más conveniente aún llevar a cabo análisis de sensibilidad modificando distintas variables al mismo tiempo, para encontrar así combinaciones de parámetros que lleven a mejores resultados.

6.- La construcción de modelos de simulación resulta ser una herramienta efectiva en el análisis del comportamiento de un sistema o

proceso específico; su utilización en los laboratorios por parte de las personas que toman las decisiones, permite visualizar efectos no esperados de las políticas estratégicas de la Universidad. En la Universidad muchas de las decisiones que se toman y que afectan el futuro de la entidad son intuitivas, como la contratación y compra de materiales y equipos, poniendo en riesgo el desempeño productivo de la Universidad. La utilización de este sistema de análisis provee a la empresa el fundamento para estructurar la toma de decisiones y ampliar la visión en la planeación estratégica.

7.- Se hace necesario, para una mejor precisión del modelo, desarrollar una encuesta como guía, junto con el acompañamiento y asesoría del experto de la Facultad de Ingeniería Química, para que así, las variables y procesos definidos se ajusten más a los procesos reales, y los resultados obtenidos sirvan para el diagnóstico del problema.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

1.- Buscar políticas de administración de inventario como posibles escenarios al modelo para flatear con más eficiencia el nivel de inventario en el horizonte.

2.- Que en el modelo construido se integren la total de reactivos usados en los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química para estudiar el comportamiento en la cadena.

3.- Los análisis se deben realizar modificando una variable a la vez para estudiar su comportamiento, sin embargo la modelación de cambios simultáneos en las variables hace posible identificar la combinación que perfecciona los resultados deseados, no obstante, se debe tener especial cuidado su análisis, pues si no se conocen profundamente las relaciones propias entre las variables se podría tomar la decisión incorrecta.

4.- Adicionalmente, el modelo de simulación propuesto sirve como base para investigaciones futuras utilizando diferentes sistemas de administración de la cadena de suministro no solo de la Facultad de Ingeniería Química sino de la Universidad Nacional del Callao.

## VI. REFERENCIALES

### 6.1 Referencias Bibliográficas Citadas

1. Ackoff, R. *El paradigma de Ackoff*. México: Limusa. . (2004).
2. Alarcón, C., y Stumpo, G. Políticas para las pequeñas medianas empresas en Chile. *CEPAL*, (74), 175-191. (2001)
3. Aracil, J. *Dinámica de sistemas* (4ª ed.). Madrid: Isdefe. (1995).
4. Aracil, J. *Introducción a la dinámica de sistemas*. Madrid: Alianza Editorial S. A. (1978).
5. Aracil, J., y Gordillo, F. *Dinámica de sistemas*. Madrid: Alianza Universidad Textos. (1997).
6. *Arena User's Guide*, Rockwell Automation (2007)
7. *Arena online help*. Contenido del menú de ayuda de Arena (2007)
8. Bertalanffy, L. W. (1968). *Teoría general de los sistemas*. México: Fondo de Cultura Económica.
9. Cassivi, L. Collaborations planning in a supply chain. *Supply Chain Management*, 11(3), 249. (2006).
10. Cervilla, M., Viana, H., Avalos, I., y Balaguer, A. La capacidad tecnológica y la competitividad de la industria manufacturera venezolana. *Espacios: Revista Venezolana de Gestión Tecnológica*. 15(1), 27. (1994).

11. Chang, Y. and Makatsoris, H. Supply chain modeling using simulation. *International Journal of Simulation*, 2(1), 24–(2001).
12. Checkland, P., y Acholes, J. *La metodología de los sistemas suaves en acción*. México: Limusa. (1994).
13. Christopher, M. *Logística: Aspectos estratégicos*. México: Limusa. (2006).
14. Coad, L. A., y Van de Panne, C. Computer simulation for supply-demand interaction. *The Canadian Journal of Economics*. 29, 308. (1996).
15. Everett, A., y Ebert, R. *Administración de la producción y de las operaciones*. México: Prentice Hall. (1991).
16. Fernández, E., Avella, L., y Fernández, M. *Estrategia de producción* (2ª. ed.). Madrid: Mc Graw Hill Interamericana de España. (2006).
17. Forrester, J. *Industrial Dynamics*. Cambridge: Wright-Allen Press. Geoffrey G. (1980). *Simulación de sistemas*. México: Diana. (1961).
18. Gibb, A. Las empresas metalmecánicas. *Correo del Caroni*, p. A5. (2005, Octubre 15).
19. Guasch, A., Piera, M., y Figueras, J. *Modelado y simulación, aplicaciones a procesos logísticos de fabricación y servicios* (Segunda ed.). Barcelona: UPC. (2003).
20. Haizer, J., Render, B. *Dirección de la Producción* (6ª ed.). Madrid: Pearson Prentice Hall. (1996).
21. Hall, R. *Organizaciones, estructuras, procesos y resultados* (6ª ed.). México: Prentice Hall. (1996).

22. Hayes, R., y Pisano, G. La nueva estrategia productiva. *Summit*, 2 (1),11. (1994).
23. Hopeman, C. *Planeación, análisis y control de las operaciones de producción*. México: Mc Graw Hill. (1993).
24. Jain, S., Workman, R. W., Collins, L. M., and Ervin, E. C. Development of a high-level supply chain simulation model. *Simulation Conference, 2001. Proceedings of the Winter*, vol. 2, 1129-1137. (2001).
25. Jurisch, C., y Centeno, R. *Evaluación del impacto económico, social y de desarrollo tecnológico de las pequeñas y medianas empresas (PYMES) que operan en Ciudad Guayana*. Trabajo no publicado. Universidad Católica Andrés Bello, Puerto Ordaz. (2002).
26. Kannan, V. R., and Tan, K. C. The impact of operational quality: A supply chain view. *Supply Chain Management*, 12(1), 14. (2007).
27. Kim, S. W. Effects of supply chain management practices, integration and competition capability on performance. *Supply Chain Management*, 11(3), and 241. (2006).
28. Lee, H. L. Hacia una cadena de suministro de alto rendimiento. *Harvard Deusto Business Review*, (132), 30-42. (2005).
29. Linares, R. *Estrategias gerenciales para la pequeña y mediana empresa*. Caracas: IESA. (1996).
30. Martín, J. *Teoría y ejercicios prácticos de dinámica de sistemas*. Barcelona: UPC. (2003).

31. Meadows, D., Meadows, L., y Randers, J. *Más allá de los límites del crecimiento* (2ª ed.). España: El País Aguilar. (1992).
32. Mentzer, J., Dewitt, W., Keebler, J., Min, S., Nix, N., Smith, C., et al. Defining supply chain management. *Journal of Business Logistics*, 22(2). (2001).
33. Minegishi, S., and Thiel, D. System dynamics modeling and simulation of a particular food supply chain. *Simulation Practice and Theory*, 8(5), 321-339. (2000).
34. Narasimhan, S., Mcleavey, D., y Billington, P. *Planeación de la producción y control de inventario*. México: Prentice Hall. (1996).
35. Nonino, F., and Panizzolo, R. Integrated production/distribution planning in the supply chain: The febal (wood producers) case study. *Supply Chain Management*, 12(2), 150. (2007).
36. Pires, S., y Carretero Diaz, L. *Gestión de la cadena de suministros*. Madrid: Mc Graw Hill. (2007).
37. Porter, M. *Estrategia y ventaja competitiva*. Madrid: Deusto. (2006).
38. Raisinghani, M. S., and Meade, L. L. Strategic decisions in supply-chain intelligence using knowledge management: An analytic-network-process framework. *Supply Chain Management*, 10(2), 114. (2005).
39. Rico, J. *Manual de modelos probabilísticas para la toma de decisiones*. Manual no publicado. Universidad de Oriente. Puerto Ordaz.
40. Sampieri, R., Collado, C., y Lucio, P. (2003). *Metodología de la investigación* (3ª ed.). México: McGraw-Hill Interamericana. (1992).

41. Schroeder, R. Administración de operaciones. Conceptos y casos contemporáneos (2ª ed.). México: Mc Graw Hill. (2005).
42. Senge, P. La quinta disciplina. Madrid: Juan Granica. (1992).
43. Senge, P., y Roberts, C. La quinta disciplina en la práctica. Madrid: Granica. (1995).
44. Sipper, D., y Bulfin, R. Planeación y control de la producción. México: Mc Graw Hill. (1998).
45. Skinner, W. Manufacturing: Missing link in corporate strategy. Harvard Business Review, 136. (1969).
46. Sterman, J. Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world. USA: Mc Graw Hill. (2000).
47. Trokman, P., Sternberger, I., Jaklic, J., y Groznik, A. Process approach to supply chain integration. Supply Chain Management, 12(2), 116. (2007).
48. Umeda, S. Modeling and simulation for supply chain business integration [simulation read simulation]. Systems, Man, and Cybernetic. 2001 IEEE International Conference, 2991-2996, vol.5. (2001).
49. Vieira, G. E. Ideas for Modeling and Simulation of Supply Chains with Arena. Simulation Conference. Proceedings of the 2004 winter, 1418-1427, vol. 2. (2004).
50. Vollman, T., Berry, W., y Hayfork, C. Sistemas de planificación y control de la fabricación. México: IRWIN. (1992).



51. Vollman, T., Berry, W., Jacobs, R., y Whybark, C. Planeación y control de la Producción. Administración de la cadena de suministro (5ª ed.). México: McGraw-Hill. (2005).
52. Wong, C. Y., Arlbjorn, J. S., and Johansen, J. Supply chain management practices in toy supply chains. Supply Chain Management, 10(5), and 367. (2005).

## **VII APENDICE**

### **A1- Resultados de la corrida del modelo de simulación con el software Arena**

MODELO ANA 11.out

ARENA Simulation Results  
PC - License: 1943900588

Summary for Replication 1 of 1

Project: Unnamed Project  
Analyst: Simoneth

Run execution date : 6/29/2013  
Model revision date: 6/29/2013

Replication ended at time : 3601.0 Days  
Base Time Units: Days

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half width	Minimum	Maximum	Observations
CL1.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL1.WaitTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL1.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL1.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL1.TotalTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL2.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL2.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL2.WaitTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL2.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL2.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL2.TotalTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL3.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL3.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL3.WaitTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL3.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL3.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL3.TotalTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL4.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL4.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL4.WaitTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL4.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL4.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL4.TotalTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL5.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL5.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL5.WaitTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL5.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL5.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL5.TotalTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL6.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL6.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL6.WaitTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL6.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL6.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL6.TotalTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL7.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL7.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL7.WaitTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL7.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL7.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL7.TotalTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL8.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL8.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL8.WaitTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL8.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL8.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL8.TotalTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL9.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL9.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL9.WaitTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL9.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL9.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL9.TotalTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL10.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL10.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL10.WaitTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL10.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL10.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL10.TotalTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL11.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL11.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL11.WaitTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL11.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL11.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL11.TotalTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL12.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL12.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11

MODELO ANA 11.out					
CL12.WaitTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL12.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL12.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
CL12.TotalTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
ACT.VATime	--	--	--	--	0
ACT.NVATime	--	--	--	--	0
ACT.WaitTime	--	--	--	--	0
ACT.TranTime	--	--	--	--	0
ACT.OtherTime	--	--	--	--	0
ACT.TotalTime	--	--	--	--	0
DEMMAT.VATime	279.63	(Insuf)	230.75	334.94	252
DEMMAT.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	252
DEMMAT.WaitTime	98.575	(Insuf)	.00000	215.16	252
DEMMAT.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	252
DEMMAT.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	252
DEMMAT.TotalTime	378.21	(Insuf)	293.95	491.18	252
DEMREA.VATime	282.22	(Insuf)	235.94	332.95	252
DEMREA.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	252
DEMREA.WaitTime	107.14	(Insuf)	.00000	206.56	252
DEMREA.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	252
DEMREA.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	252
DEMREA.TotalTime	389.36	(Insuf)	291.84	464.57	252
DEMEQPE.VATime	280.44	(Insuf)	246.84	329.18	21
DEMEQPE.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	21
DEMEQPE.WaitTime	85.021	(Insuf)	.00000	169.08	21
DEMEQPE.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	21
DEMEQPE.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	21
DEMEQPE.TotalTime	365.46	(Insuf)	269.38	457.87	21
DEMEQBA.VATime	171.77	(Insuf)	110.53	333.67	83
DEMEQBA.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	83
DEMEQBA.WaitTime	75.305	(Insuf)	.00000	200.85	83
DEMEQBA.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	83
DEMEQBA.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	83
DEMEQBA.TotalTime	247.08	(Insuf)	111.85	499.50	83
CONSOLIDACION DE MATERIALES.Queue.WaitingT	26.857	(Insuf)	.00000	59.313	264
APROBACION DE PLANIFICACION.Queue.WaitingT	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	17
REVISION DE ORDENES 2.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	23
AUTORIZACION DE DECANATO.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	18
CONSOLIDACION ORD REACT.Queue.WaitingTime	24.912	(Insuf)	.00000	59.412	276
CONSOLIDACION ORD EQP BAS.Queue.WaitingTim	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	87
APROBACION DE OGA.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	18
RECEPCION EN ALMACEN.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	17
CONSOLIDACION ORDENES.Queue.WaitingTime	77.290	(Insuf)	.00000	200.85	90
REVISION DE ORDENES 1.Queue.WaitingTime	.91815	(Insuf)	.00000	12.879	68

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
CL1.WIP	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
CL2.WIP	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
CL3.WIP	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
CL4.WIP	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
CL5.WIP	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
CL6.WIP	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
CL7.WIP	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
CL8.WIP	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
CL9.WIP	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
CL10.WIP	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
CL11.WIP	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
CL12.WIP	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
ACT.WIP	.99988	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
DEMMAT.WIP	29.539	(Corr)	.00000	51.000	37.000
DEMREA.WIP	30.633	(Corr)	.00000	52.000	38.000
DEMEQPE.WIP	2.3412	(Insuf)	.00000	4.0000	4.0000
DEMEQBA.WIP	7.3375	(Insuf)	.00000	17.000	6.0000
DECANO.NumberBusy	.04998	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
DECANO.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
DECANO.Utilization	.04998	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
OGA.NumberBusy	.19484	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
OGA.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
OGA.Utilization	.19484	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
JEFE LAB OPU.NumberBusy	.06632	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
JEFE LAB OPU.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
JEFE LAB OPU.Utilization	.06632	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
ALMACENERO.NumberBusy	.01913	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
ALMACENERO.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
ALMACENERO.Utilization	.01913	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
JEFE LABORATORIOS.NumberBusy	.16838	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
JEFE LABORATORIOS.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
JEFE LABORATORIOS.Utilization	.16838	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
PLANIFICACION.NumberBusy	.00760	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
PLANIFICACION.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
PLANIFICACION.Utilization	.00760	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000

	MODELO ANA	11.out			
CONSOLIDACION DE MATERIALES.Queue.NumberIn	2.0250	(Insuf)	.00000	12.000	10.000
APROBACION DE PLANIFICACION.Queue.NumberIn	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
REVISION DE ORDENES 2.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
AUTORIZACION DE DECANATO.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
CONSOLIDACION ORD REACT.Queue.NumberInQueue	1.9093	(Insuf)	.00000	12.000	.00000
CONSOLIDACION ORD EQP BAS.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	5.0000	.00000
APROBACION DE OGA.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
RECEPCION EN ALMACEN.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
CONSOLIDACION ORDENES.Queue.NumberInQueue	1.9317	(Insuf)	.00000	5.0000	.00000
REVISION DE ORDENES 1.Queue.NumberInQueue	.01734	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000

OUTPUTS

Identifier	Value
CL1.NumberIn	11.000
CL1.NumberOut	11.000
CL2.NumberIn	11.000
CL2.NumberOut	11.000
CL3.NumberIn	11.000
CL3.NumberOut	11.000
CL4.NumberIn	11.000
CL4.NumberOut	11.000
CL5.NumberIn	11.000
CL5.NumberOut	11.000
CL6.NumberIn	11.000
CL6.NumberOut	11.000
CL7.NumberIn	11.000
CL7.NumberOut	11.000
CL8.NumberIn	11.000
CL8.NumberOut	11.000
CL9.NumberIn	11.000
CL9.NumberOut	11.000
CL10.NumberIn	11.000
CL10.NumberOut	11.000
CL11.NumberIn	11.000
CL11.NumberOut	11.000
CL12.NumberIn	11.000
CL12.NumberOut	11.000
ACT.NumberIn	1.0000
ACT.NumberOut	.00000
DEMMAT.NumberIn	314.00
DEMMAT.NumberOut	277.00
DEMREA.NumberIn	316.00
DEMREA.NumberOut	278.00
DEMEQPE.NumberIn	27.000
DEMEQPE.NumberOut	23.000
DEMEQBA.NumberIn	117.00
DEMEQBA.NumberOut	111.00
DECANO.NumberSeized	18.000
DECANO.ScheduledUtilization	.04998
OGA.NumberSeized	18.000
OGA.ScheduledUtilization	.19484
JEFE LAB OPU.NumberSeized	23.000
JEFE LAB OPU.ScheduledUtilization	.06632
ALMACENERO.NumberSeized	17.000
ALMACENERO.ScheduledUtilization	.01913
JEFE LABORATORIOS.NumberSeized	68.000
JEFE LABORATORIOS.ScheduledUtilization	.16838
PLANIFICACION.NumberSeized	17.000
PLANIFICACION.ScheduledUtilization	.00760
System.NumberOut	740.00

Simulation run time: 0.02 minutes.  
Simulation run complete.

## **A2- Resultados de cuestionarios**

Estimado Señor, agradeceré su colaboración respondiendo estas preguntas:

1.- ¿Cuántos y cuáles son los laboratorios a su cargo?

15 laboratorios DE QUÍMICA.

2.- ¿Que demanda cada laboratorio, cuanto y cada cuánto tiempo?

SERVICIOS DE ENTREGA DE MATERIALES, REACTIVOS, EQUIPOS  
X GRUPOS HORARIOS.

3.- ¿Cómo es el proceso de compra para abastecer los laboratorios?

SE ENVIA LOS PEDIDOS A TRAVÉS DEL PLANEAMIENTO, ANTE  
EL DECANATO

4.- ¿Tiempo que se demora el proveedor en entregar los productos a  
almacén?

ENTRE 8 MESES A 1 AÑO

5.- Proceso y tiempo para que los productos pasen de almacén a los  
laboratorios.

EN 1 MES

6.- Cuantos proveedores hay que productos proveen a los laboratorios?

5 PROVEEDORES

- CHEMICAL - reactivos
- MERCK - equip y reactivos
- BIONET - equip y material
- ROSSODO - equip y reactivos; importación
- KESSEL - equip

Margaret Benavente G.

986601422.


\* 4299740 - 224

Estimado Señor, agradeceré su colaboración respondiendo estas preguntas:

- 1.- ¿Cuántos y cuáles son los laboratorios a su cargo?
- 2.- ¿Que demanda cada laboratorio, cuanto y cada cuánto tiempo?
- 3.- ¿Cómo es el proceso de compra para abastecer los laboratorios?
- 4.- ¿Tiempo que se demora el proveedor en entregar los productos a almacén?
- 5.- Proceso y tiempo para que los productos pasen de almacén a los laboratorios.
- 6.- Cuantos proveedores hay que productos proveen a los laboratorios?

1. EN LOS LAB. de QUIMICA; HAY 12 AMBIENTES PARA LOS DIFERENTES CURSOS:

- 1.1 - LAB. de ANALISIS POR INSTRUM.
- 1.2 - LAB. de MICROBIOLOGIA
- 1.3 - " " ANALISIS o QUIMICA de SUELOS,
- 1.4 - " " FISICA QUIMICA
- 1.5 - " " QUIMICA ORGANICA
- 1.6 - " " QUIM. O. CUANTITATIVA
- 1.7 - " " FISICA Y ELECTRICIDAD
- 1.8 - " " QUIM. INORGANICA
- 1.9 - " " Q. O. CUALIT.
- 1.10 - " " Q. GENERAL I
- 1.11 - " " Q. " II
- 1.12 - " de INVESTIGACION.





Profesora Ana, ahí van las Respuestas a sus preguntas:

1. Los pedidos de requerimientos son anuales y se les solicita a los coordinadores presentarlos en Diciembre, de tal forma que el pedido se realice del mes de marzo para adelante. Lo ideal es que si todos han realizado sus pedidos el documento se presenta en marzo, caso contrario se retrasa hasta abril o mayo.
2. Es independiente en sus decisiones.
3. Normalmente los coordinadores solicitan lo que necesitan, salvo no haya pedido alguno, el jefe de laboratorios puede hacer un pedido de acuerdo a sus necesidades.
4. Normalmente los reactivos mas pedidos son solventes, ácidos, bases y sales.
5. Normalmente se pide los rubros como: reactivos, materiales de laboratorio y equipos.
6. Una vez solicitado el pedido sólo queda esperar, ha veces la espera puede ser de varios meses (5 a 9 meses) o en el peor de los casos el pedido no es atendido, a pesar de que uno pueda estar detrás presionando para que se hagan efectivas las compras.

Estimado Señor, agradeceré su colaboración respondiendo estas preguntas:

1.- ¿Cuántos y cuáles son los laboratorios a su cargo?

Son doce, siendo estos: Química General I, Química General II, Quím. Inorgánica, Química Orgánica, Química Cualitativa,

2.- ¿Que demanda cada laboratorio, cuanto y cada cuánto tiempo?

Por lo general reactivos, insumos, materiales y/o equipos.

3.- ¿Cómo es el proceso de compra para abastecer los laboratorios?

Por concurso público de Proveedores de materiales de vidrio reactivos y equipos.

4.- ¿Tiempo que se demora el proveedor en entregar los productos a almacén? Entre 15 días a 30 días.

5.- Proceso y tiempo para ~~que~~ los productos pasen de almacén a los laboratorios. Es directo.

6.- Cuántos proveedores hay que productos proveen a los laboratorios?

Es variable, según el tipo materiales y/o reactivos que se soliciten, pero por lo general son de 3 min a 8 ó mas. quienes presentan sus cotizaciones.

Química Cuantitativa, Instrumentación, Análisis de aguas, Investigación y el de Física.

1) ¿ Cuanto tiempo le demandaba a usted como jefe recoger y consolidar las ordenes de los coordinadores de los laboratorios para pasarlas al decanato para su compra?

Es relativo , puesto que algunos coordinadores contestaban mucho tiempo después y otros no lo hacían. Por otro lado escasos profesores contestaban en poco tiempo, por ejemplo de 12 profesores, 02 o 03 contestaban en poco tiempo. El resto no se podía establecer.

"Por consiguiente para consolidar el pedido se hacía con la información disponible en ese momento.

2) .-¿ El jefe de LOPU depende del Jefe de Laboratorio o es independiente?

El Jefe del LOPU depende directamente del Decanato.

3) .- Usted le solicitaba a los coordinadores de los laboratorios lo que necesitaba o ellos le solicitan y cada cuanto tiempo, semanal, semestral, anual?

Se solicitaba a cada coordinador el pedido de materiales, reactivos y de equipos para su laboratorio. Pero a veces un coordinador puede solicitarlo.

El pedido actualmente es de carácter anual.

4) Profesor con respecto a los reactivos que reactivos le pedían y mas ?

Sobre el pedido de reactivos no podría indicarle, puesto que esa información la tiene la Jefatura de Laboratorios de Química, además cada coordinador de acuerdo a la naturaleza de su curso solicita su propia necesidad de reactivos, considerando que cada curso de Química es diferente.

Le sugiero que Usted traslade esta pregunta a la Sra. Margarita o al Jefe.

5) 5.- ¿ que diferencia hay entre insumos y materiales?

Algunos de los reactivos químicos son utilizados como insumos químicos y que son controlados por la DINANDRO; pero también a veces se utiliza la terminología "insumos" para referirse a los reactivos químicos. La denominación usual es "reactivos químicos".

1.- ¿ Las ordenes de los coordinadores de los laboratorios cada cuanto tiempo la hacen a su jefe de laboratorio, para pasarlas al decanato para su compra?

Los coordinadores hacen su pedido al inicio del semestre; y en casos excepcionales antes de la práctica si es que el profesor de la practica anterior terminó con el reactivo. Pero con fines de compra se debe realizar anualmente para que pase a la comision de planificación lo considere, creo que es lo que hace realmente el jefe .

2.-¿ El jefe de LOPU depende del Jefe de Laboratorio o es independiente? ambos dependen del Decanato y son independientes entre si

Ambas jefaturas dependen del decanato y son independientes entre si

3.- El jefe de Laboratorio le solicita a los coordinadores de los laboratorios lo que necesitan o ellos le solicitan y cada cuanto tiempo, semanal, semestral ,anual?

En una sola oportunidad, el jefe solicitó que los coordinadores pasaramos nuestros pedidos para compra tanto de reactivos como materiales y de mantenimiento de equipos. Pero quedó en nada tiempo despues solo compraron parte de los reactivos, le hablo del ing. Cuba. La responsabilidad no fue de él, el solicitó el problema fue en la administracion central.

Lo que si hacemos semestralmente, al inicio del semestre, es solicitar los reactivos que utilizaremos durante el ciclo. Los coordinadores solicitan. En cuanto al material, en los demás laboratorios veo que los alumnos solicitan en cada practica directamente a la jefatura del laboratorio y devuelven al finalizar la practica. No es mi caso porque

yo tengo materiales que compro o me regalan, como jarras medidoras, ollas pequeñas. y como ya cuento con termómetros no requiero mas.

4.-¿ Profesora con respecto a los reactivos

s que reactivos le solicitan , por ejemplo en su caso ?

Del almacén de la facultad solicito reactivos generales como los que le anexo en mi inventario y con respecto a los reactivos específicos como colorantes o auxiliares textiles, los exalumnos y alumnos que están en el sector textil me donan.

5.- ¿ que diferencia hay entre insumos y materiales, para usted?

Los insumos serían los reactivos y los materiales refieren a los recipientes, medidores, vasos, pipetas, etc, casi todo el material de vidrio y además tenemos los equipos como cocinas, planchas, estufas, refrigeradores, etc y los instrumentos que sirven generalmente para realizar mediciones, como termómetros, phmetros, balanzas, etc.

6.-¿ Si ya existe un proceso de compra en ejecución (ya se pidió a OGA) y aun no se ha recibido los materiales , los coordinadores de laboratorios requieren los elementos; los jefes puede hacer el pedido al decanato o tienen que esperar que llegue lo pedido para poder solicitar?

Se supone que para esos casos es la caja chica, que es tan chica que ya no alcanza para eso, entonces, en mi caso si me es posible lo compro o se les pide a los alumnos o se obtiene por donación.

Sobre los materiales se refiere a aquellos que se utilizan para colocar los reactivos, por ejemplo una pinza para tubos de ensayo, la pinza es el material y el reactivo es la sustancia química que se encuentra en el tubo de ensayo.

6) .-¿ Si ya existe un proceso de compra en ejecución (ya se pidió a OGA) y aun no se ha recibido los materiales , los coordinadores de laboratorios requieren los elementos usted puede hacer el pedido al decanato o tiene que esperar que llegue lo pedido para poder solicitar?

---

El Jefe de los laboratorios de Química solicita al Decano, quien a su vez solicita a OASA. Sin embargo varias veces no llega el pedido a los laboratorios por lo que el Coordinador lastimosamente deberá indagar sobre la situación de su pedido en OASA y similares; en caso contrario no es atendido. Además si a pesar de ello no es atendido deberá coordinar con el Decano para que él también indague sobre este aspecto y su pedido sea atendido.

Está Usted atendida mi estimada profesora

**PRODUCTOS CONTROLADOS RECIBIDOS POR DONACION SEGÚN ACTA  
No 003-2011-IN/OFECOD**

**ACIDO SULFURICO**

No FRASCO	PESO BRUTO	PESO FRASCO	PESO NETO
1	5.266	1.268	3.998
2	2.54	1.052	1.488
3	2.3	0.552	1.748
<b>TOTAL PESO BRUTO</b>	<b>10.106</b>	<b>TOTAL NETO</b>	<b>7.234</b>

**ACIDO CLORHIDRICO**

No FRASCO	PESO BRUTO	PESO FRASCO	PESO NETO
1	3.564	1.268	2.296
2	3.834	1.268	2.566
3	3.866	1.268	2.598
4	3.876	1.268	2.608
5	3.894	1.268	2.626
<b>TOTAL PESO BRUTO</b>	<b>19.034</b>	<b>TOTAL NETO</b>	<b>12.694</b>

**ACETATO DE ETILO:**

No FRASCO	PESO BRUTO	PESO FRASCO	PESO NETO
1	3.738	1.268	2.47
2	3.596	1.268	2.328
<b>TOTAL PESO BRUTO</b>	<b>7.334</b>	<b>TOTAL NETO</b>	<b>4.798</b>

**ACETONA:**

No FRASCO	PESO BRUTO	PESO FRASCO	PESO NETO
1	2.8	1.268	1.532
<b>TOTAL PESO BRUTO</b>	<b>2.8</b>	<b>TOTAL NETO</b>	<b>1.532</b>

**HIDROXIDO DE AMONIO:**

No FRASCO	PESO BRUTO	PESO FRASCO	PESO NETO
1	3.468	1.268	2.2
2	2.936	1.268	1.668
<b>TOTAL PESO BRUTO</b>	<b>6.404</b>	<b>TOTAL NETO</b>	<b>3.868</b>

**SULFATO DE SODIO:**

<b>PESO NETO:</b>	<b>0.296</b>
-------------------	--------------

**CARBONATO DE SODIO:**

<b>PESO NETO:</b>	<b>0.048</b>
-------------------	--------------